



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Bioproductos estimulantes de crecimiento en semillero y vivero de café (*Coffea arabica* L.) en la finca Chelol Jinotepe-Carazo

Autores

Br. Jorge Luis García Gutiérrez
Br. Miguel Ángel González González

Asesora

MSc. Rosario Chavarría Sánchez

Managua, Nicaragua
Agosto, 2021



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Bioproductos estimulantes de crecimiento en vivero y semillero de café (*Coffea arabica* L.) en la finca Chelol Jinotepe-Carazo

Autores

Br. Jorge Luis García Gutiérrez
Br. Miguel Ángel Gonzáles Gonzáles

Asesora

MSc. Rosario Chavarría Sánchez

Presentado a la consideración del honorable comité
evaluador como requisito final para optar al grado de
Ingeniero Agrónomo

Managua, Nicaragua
Agosto, 2021

Hoja de aprobación del Comité Evaluador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Comité Evaluador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Miembros del Comité Evaluador

MSc. Víctor Monzón Ruiz

Presidente

MSc. Jorge Gómez Martínez

Secretario

MSc. Eliezer Lanuza Rodríguez

Vocal

Lugar y Fecha: Sala Magna Facultad de Agronomía, 31 Agosto 2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios padre por permitirme alcanzar este nivel de preparación, por darme la fortaleza para seguir adelante en los momentos difíciles, y porque sin su voluntad no se habría podido llevar la culminación de esta investigación.

A mis padres Pio García Alaniz y Angelina Gutiérrez Gutiérrez por haberme motivado desde muy temprana edad a perseguir esta meta que estoy cumpliendo, por haberme inculcado valores para ser una persona de bien para la sociedad, por su apoyo incondicional que me brindaron a lo largo de este camino y porque en este mundo ellos son mi fuente de inspiración que me impulsa a seguir luchando cada día.

A mis hermano; Edwin, Isabel, Jessenia, Leonel, Lilian, Marvin, Olvin y Martha por haber creído en mi desde mis primeros pasos, por el apoyo que me brindaron a lo largo de mis estudios y porque cada uno ha contribuido de alguna u otra manera a culminar mi carrera.

Br. Jorge Luis García Gutiérrez

DEDICATORIA

A Dios

Mi Dios padre por permitirme seguir con vida, por darme la fuerza para luchar por mis metas y por no dejarme solo ni un segundo.

A mi familia

A mis abuelos Andrés González González, Susana Molina Castillo, a mi madre Amparo González Molina, a mi tío Ing. Edder Samuel González Molina y a mi hermano Eyner Josué González González, porque muchos de mis logros se los debo a ellos, desde el primer momento en que decidí seguir este camino me apoyaron incondicionalmente. Me dieron su amor incondicional priorizando mis necesidades antes que las suyas, por ser un ejemplo a seguir, porque desde el principio han sido luz en los momentos oscuros, la esperanza en mis malos días y el coraje cuando el miedo me superaba. Les dedico este trabajo por haber formado la persona que soy y por qué nunca me dejaron solo aun en sus peores momentos.

Br. Miguel Ángel Gonzáles Gonzáles

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por permitirme llevar a feliz término este trabajo, porque la fe en él me dio las fuerzas para seguir adelante, superando cada obstáculo que se presentan a diario en nuestras vidas.

A mis padres hermanos por haberme brindado su apoyo moral y económico siendo los pilares fundamentales para lograr una de mis metas.

A la Universidad Nacional Agraria (UNA), por la formación académica brindada durante los cinco años, por las becas que me otorgaron durante la etapa de estudiantes y de egresado lo que fue un apoyo para poder culminar esta carrera.

A los docentes que me impartieron clases a lo largo de la carrera en especial a los del Departamento de Producción Vegetal de la facultad de Agronomía. De manera muy especial a nuestra asesora: MSc. Rosario Chavarría Sánchez, por darme la confianza; además de sus consejos, tiempo y apoyo incondicional al brindarme todo el conocimiento y la información para hacer posible este trabajo.

A mis compañeros (as) Ing. Bryan López, Ing. Rene Jarquín, Ing. Jenny Pravia, Ing. Hayner Chavarría, Ing. Juver Suarez, Ing. Beyner Acevedo, Ing. Bernardino Aráuz, Ing. Alexander Obregón, por su amistad brindada y apoyarme siempre mutuamente para llegar hasta al final con la realización de este trabajo.

A mis amigos Ing. Norwin Lira, Ing. Ariel Rivas, Elba pineda, por brindarme la confianza e impulsarme a lograr mis propósitos y que algunos de manera directa o indirectamente contribuyeron a lograr uno de mis sueños. Al Ingeniero René Detrinidad Ruíz, propietario de la finca Chelol, por habernos facilitado su finca, por su apoyo técnico en el establecimiento y manejo de este ensayo.

Br. Jorge Luis García Gutiérrez

AGRADECIMIENTO

Este trabajo pudo ser posible gracias a la ayuda de muchas personas que de una manera u otra aportaron al logro de mis objetivos. Agradezco a todas esas personas y entidades por apoyarme siempre y ayudarme a superar todos los obstáculos para poder concluir mi formación profesional de la mejor manera.

A mis abuelos: Andrés González González, Susana Molina Castillo, a mi madre Amparo González Molina, a mi tío Ing. Edder Samuel González Molina y a mi hermano Eyner Josué González González, porque sin su ayuda no hubiese superado todas las etapas de la vida que he atravesado para poder llegar hasta donde estoy, por apoyarme siempre y facilitar todo para que se diera. Especialmente a mis abuelos y a mi mamá por tantos años de esfuerzos y de oraciones para que todo saliera bien. No me alcanzaría la vida para agradecer todo lo que han hecho por mí.

A mi asesora MSc. Rosario Chavarría Sánchez, por su apoyo basado en la experiencia y el conocimiento y por ser la guía constante durante todo este trabajo.

A mis compañeros y mejores amigos José René Jarquín Díaz y Silvio Dubban Lopez Carrión por su ayuda desinteresada y oportuna, por ofrecerme su apoyo tantas veces que lo necesité y hacerme llevadero el camino.

Gracias a la Universidad Nacional Agraria por ser mi segunda casa. Gracias por brindarme el espacio, los recursos y las comodidades para ejecutar todas las actividades necesarias y así concluir de manera exitosa mi formación profesional.

Br. Miguel Ángel Gonzáles Gonzáles

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 Origen del café	4
3.2 Clasificación taxonómica del café	4
3.3 Etapa del cultivo de café	4
3.4 Etapa de semillero	5
3.4.1 Estado de grapa	5
3.4.2 Estados de fósforo	5
3.4.3 Estados de chapola	5
3.5 Fertilización en semillero	5
3.6 Fertilización en vivero	5
3.7 Enfermedades en vivero y semillero del café	6
3.8 Nematodos en la etapa de vivero	6
3.8.1 <i>Meloidogyne</i> spp	7
3.8.2 <i>Pratylenchus</i> spp	7
3.9 Manejo de enfermedades en semillero y vivero	7
3.9.1 Manejo cultural	7
3.9.2 Manejo químico	8
3.9.3 Manejo biológico	8
3.10 Manejo biológicos de enfermedades	8

3.10.1 <i>Trichoderma</i> spp	8
3.10.2 <i>Bacillus subtilis</i>	9
3.10.3 Micorrizas	10
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	12
4.1 Ubicación del estudio	12
4.2 Diseño metodológico	12
4.3 Etapa de semillero	12
4.3.1 Preparación de la semilla para establecimiento del semillero	12
4.3.2 Establecimiento de semillero	13
4.4 Descripción de los tratamientos	13
4.4.1 <i>Trichoderma</i> spp	13
4.4.2 <i>Bacillus subtilis</i>	13
4.4.3 Micorrizas	13
4.5 Aplicación de los tratamientos en semillero	13
4.5.1 Preparación de <i>Trichoderma</i> spp	14
4.5.2 Preparación de Trichomax [®] y Trichozam [®]	14
4.5.4 Preparación de la cepa <i>Bacillus subtilis</i> (INTA –CNIA)	14
4.5.5 Preparación de Serenade [®] 1,34 SC	14
4.5.6 Preparación para la aplicación de micorrizas	14
4.6 Etapa de vivero	14
4.6.1 Llenado de bolsas	15
4.6.2 Preparación de las plantas para la siembra en bolsa	15
4.6.3 Trasplante de las plántulas a bolsa	15
4.7 Aplicación y preparación de los tratamientos en la etapa de vivero	15
4.7.1 Aplicación de <i>Trichoderma</i> spp	15
4.7.2 Preparación de <i>Bacillus subtilis</i>	16
4.7.3 Aplicación de micorrizas	16
4.8 Fertilización edáfica y foliar	16
4.9 Manejo de arvenses	16
4.10 Riego	16
4.11 Variables evaluadas	17
4.11.1 Porcentaje de semillas germinadas	17

4.11.2 Altura de planta (cm)	17
4.11.3 Diámetro del tallo (mm)	17
4.11.4 Número de hojas	17
4.11.5 Longitud de la raíz (cm)	17
4.11.6 Área foliar (cm ²)	17
4.12 Tratamientos evaluados	18
4.13 Análisis de datos	19
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
5.1 Porcentaje de semillas germinadas (café)	20
5.2 Longitud de raíz en la etapa de semillero (cm)	21
5.3 Diámetro de tallo en la etapa de vivero (mm)	22
5.4 Altura de la planta en etapa de vivero (cm)	25
5.5 Número de hojas por planta en etapa de vivero	28
5.6 Área foliar por planta en etapa de vivero (cm ²)	30
5.7 Longitud de raíz en etapa de vivero (cm)	33
VI. CONCLUSIONES	35
VII. RECOMENDACIONES	36
VIII. LITERATURA CITADA	37
IX ANEXOS	44

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Descripción y dosis de aplicación de los tratamientos. Ensayo Finca Chelol Jinotepe. febrero - noviembre 2019	18
2. Porcentaje de semillas germinadas de café. Finca Chelol Jinotepe. febrero - noviembre 2019	20
3. Valores promedios de diámetro de tallo días después de la germinación, tomadas en la etapa de semillero. Finca Chelol Jinotepe. febrero - noviembre 2019	24
4. Valores promedio de altura de planta días después de la germinación tomadas en la etapa de semillero. Finca Chelol Jinotepe. febrero - noviembre 2019	27
5. Valores promedios de número de hojas por planta días después de la germinación tomadas en la etapa de semillero. Finca Chelol Jinotepe. febrero - noviembre 2019	29
6. Valores promedios del área foliar días después de la germinación tomadas en la etapa de semillero. Finca Chelol Jinotepe. febrero - noviembre 2019	32

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Promedio de longitud de raíz en semillero. Finca Chelol Jinotepe. febrero - noviembre 2019	21
2.	Promedio de diámetro de tallo en la etapa de vivero. Finca Chelol Jinotepe. febrero - noviembre 2019	23
3.	Promedio de altura por planta en la etapa de vivero. Finca Chelol Jinotepe. febrero - noviembre 2019	25
4.	Promedio de hojas por planta en la etapa de vivero. Finca Chelol Jinotepe. febrero - noviembre 2019	28
5.	Promedio del área foliar por plantas. Finca Chelol Jinotepe. febrero - noviembre 2019	31
6.	Promedio de longitud de raíz en la etapa de vivero. Finca Chelol Jinotepe. febrero - noviembre 2019	33

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1.	Diseño de campo en vivero de café finca Chelol Jinotepe Carazo	44
2.	Hoja de muestreo Finca Chelol Jinotepe	45
3.	Análisis de varianza de longitud de raíz en la etapa de semillero	46
4.	Análisis de varianza de diámetro de tallo (mm)	46
5.	Análisis de varianza de la altura de planta (cm)	46
6.	Análisis de varianza para número de hojas	46
7.	Análisis de varianza del área foliar (cm ²)	47
8.	Análisis de varianza de longitud de raíz en la etapa de vivero (cm)	47

RESUMEN

El café (*Coffea arabica* L.), es de gran importancia para la economía mundial y hasta el inicio de la crisis era el segundo producto con más valor después del petróleo. El café se ve influenciado por factores que limitan la producción como plagas y enfermedades, y déficit de nutriente y la disminución de la microflora de los suelos. El objetivo de esta investigación fue generar información del efecto que poseen los bioproductos a base de *Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis* y micorrizas como inductores de crecimiento en plántulas de café en semillero y vivero. Esta investigación se realizó en el periodo febrero - noviembre 2019, en la finca Chelol Jinotepe – Carazo. El diseño experimental consistió en un Diseño Completo al Azar (DCA), con nueve tratamientos cada uno conformado por 50 plantas, las cuales fueron establecidas en bolsas de polietileno con dimensiones de seis pulgada de largo por ocho pulgadas de ancho, con un volumen de 301.6 pulgadas. El área total del experimento fue de 450 unidades experimentales. Los tratamientos evaluados fueron: SERENADE®, MANCOZEB® 80 WP, *Bacillus subtilis* I-C, dos cepa de *Trichoderma* spp, T0301 y T0501H, Trichomax®, Trichozam®, Micorrizas (*Glomus intraradices*), Testigo agua. Se evaluaron variables como: Porcentaje de semillas germinadas, longitud de raíz, diámetro del tallo, altura de la planta, número de hojas, área foliar. Los resultados obtenidos en la etapa de semillero, para el porcentaje de germinación de semilla de café, fue de 96% con el uso de Trichomax®, T0501H y Trichozam® y se obtuvo mayor aumento de raíz con promedios de 11.03 y 11.56 cm con T0301 y Serenade®. En vivero los tratamientos con promedios mayores fueron los siguientes: Trichozam® con mayor diámetro de tallo de 0.32 cm seguido de *Bacillus* I-C con 0.31 cm. La altura de planta con Trichozam® fue de 15.01 cm seguido de T0501H con 13.77 cm. El promedio de hojas por planta para micorrizas y Trichozam® fue de 10.42 y 10.3 hojas. Trichozam® y *Bacillus* I-C alcanzaron mayor promedio en área foliar con 72.36 cm² y 66.72 cm². En longitud de raíz se obtuvieron mayores promedios con T0301 y Serenade® con 11.83 cm y 11.56 cm.

Palabras clave: *Bacillus subtilis*, *Trichoderma* spp, hongos micorrízicos, estimuladores de crecimiento, semillero.

ABSTRACT

Coffee (*Coffea arabica* L.) is of great importance to the world economy and until the beginning of the crisis it was the second most valuable product after oil. Coffee is influenced by factors that limit production such as pests and diseases, and nutrient deficiencies and the decrease in soil microflora. The objective of this research was to generate information on the effect of bioproducts based on *Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis* and mycorrhizal as growth inducers in coffee seedlings in the nursery and nursery. This research was carried out in the period February - November 2019, at the Chelol Jinotepe - Carazo farm. The experimental design consisted of a Complete Random Design (DCA), with nine treatments each consisting of 50 plants, which were established in polyethylene bags with dimensions of six inches long by eight inches wide, with a volume of 301.6 inches. The total area of the experiment was 450 experimental units. The evaluated treatments were: SERENADE[®], MANCOZEB[®] 80 WP, *Bacillus subtilis* I-C, two strains of *Trichoderma* spp, T0301 and T0501H, Trichomax[®] Trichozam[®], Mycorrhizae (*Glomus intraradices*), Water control. Variables such as: Percentage of germinated seeds, root length, stem diameter, plant height, number of leaves, foliar area were evaluated. The results obtained in the seedbed stage, for the percentage of coffee seed germination, was 96% with the use of Trichomax[®], T0501H and Trichozam[®] and a greater root increase was obtained with averages of 11.03 and 11.56 cm with T0301 and Serenade[®]. In the nursery, the treatments with higher averages were the following: Trichozam[®] with a greater stem diameter of 0.32 cm followed by *Bacillus* I-C with 0.31 cm. The plant height with Trichozam[®] was 15.01 cm followed by T0501H with 13.77 cm. The average number of leaves per plant for mycorrhizae and Trichozam[®] was 10.42 and 10.3 leaves. Trichozam[®] and *Bacillus* I-C reached the highest average in leaf area with 72.36 cm² and 66.72 cm². In root length, higher averages were obtained with T0301 and Serenade[®] with 11.83 cm and 11.56 cm.

Keywords: *Bacillus subtilis*, *Trichoderma* spp, mycorrhizal fungi, growth stimulators, seedbed.

I. INTRODUCCIÓN

“El café se considera como un producto básico de gran importancia para la economía mundial y hasta el inicio de la crisis internacional del café era el segundo producto con más valor en el mercado después del petróleo” (Rivas, 2008, p.1). Según el ultimo Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO):

En Nicaragua, la producción de café se encuentra en manos de pequeños y medianos productores, unas 14,391.685 hectáreas, de café son producidas por productores con menos de 3.52 hectáreas; unas 14,107.443 hectáreas en productores de 3.52-7.05 hectáreas, otras 63,814.947 hectáreas de café en fincas de 7.05 – 35.25 hectáreas, unas 17,331.076 hectáreas de café en manos de productores con fincas de 35.25 – 70.5 hectáreas y 40,170.76 hectáreas de café producidos en fincas mayores a 70.5 hectáreas; principalmente ubicados en los departamentos de Jinotega, Matagalpa y Las Segovias, Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO, 2012, p.25).

Los factores que restringen una plantación de café sobresalen los problemas por plagas y enfermedades, entre estos tenemos minador de la hoja de café (*Leucoptera coffeella* Guerin & Meneville) roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk & Cook) antracnosis (*Colletotrichum coffeanum* Noack) nematodos como: *Meloidogyne* spp, *Pratylenchus* spp, *Rotylenchulus* spp, *Helicotylenchus* spp, estos últimos constituyen una plaga de mucha importancia para el cultivo de café ya que afectan principalmente el sistema radicular (Herrera *et al.*, 2002, p.2).

El cultivo de café ha sido afectado en sus rendimiento, como consecuencia de la degradación del suelo y el uso escaso de tecnología, a esto se une el bajo precio de los mercados internacionales y los altos precios de los insumos, lo que obliga al productor a descuidar sus plantaciones y a disminuir las labores porque sus rendimientos no cubren los costos (Rodríguez, 2001, p.17).

Los bioproductos son compuestos hechos con algún componente de materiales biológicos o renovables. El prefijo “bio” se refiere a los insumos derivados de fuentes biológicas como los provenientes de microorganismos, la agricultura y / o elaboración de alimentos (Thimmanagari *et al.*, 2010, p.32).

“Dentro de los microorganismos usados como bioproductos para el control biológico de enfermedades se encuentra el grupo de organismos antagonistas de patógenos, en este grupo se destaca la utilización de bacterias como *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Pasteuria* y *Streptomyces* (Barrer, 2009, p.41).

“*Trichoderma* spp es un hongo celulítico además que promueve el crecimiento de la planta reforzando la producción de hormonas, mejorando la captación mineral, la disponibilidad creciente de los elementos biogénicos, así como liberando los nutrientes de la tierra y la materia orgánica” (Wojtkowiak y Gębarowska, 2006, p.9).

“Para los agroecosistemas cafetaleros una opción viable es el empleo de los recursos biológicos que interaccionen con las plantas y eleven la eficiencia de los mismos. Una de estas interacciones la constituyen los hongos micorrízicos arbusculares, los cuales forman una parte muy importante de la flora microbiana del suelo, ya que facilitan la absorción de agua y elementos como el P, Zn, Cu, entre otros” (Barrer, 2009, p.42).

Los bioproductos a base de *Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis* y las micorrizas han sido estudiados en el manejo biológico de fitopatógenos, especialmente los que causan el mal del talluelo. A la vez estos microorganismos poseen beneficios como estimuladores de crecimiento en los cultivos e inductores de resistencia sistémica en la plantas. Este efecto ha sido poco estudiado, por tal razón esta investigación tiene como finalidad evaluar estos microorganismos como estimuladores de crecimiento en semilleros y viveros de café.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Generar información del efecto de bioproductos a base de *Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis* y micorrizas como inductores de crecimiento en plántulas de café en la etapa de semillero y vivero.

2.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto de los productos bioestimulantes a base de *Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis* y micorrizas sobre la germinación de semillas de café.

Determinar el efecto estimulador de *Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis* y Micorrizas en el crecimiento de plántulas de café en la etapa de semillero y vivero.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Origen del café

“El (*Café arabico* L.) es originario de Etiopía, país donde se inició su cultivo, prueba de ello es la existencia de plantaciones de café que crecen de forma silvestre en las áreas montañosas de este país y de áreas vecinas de Sudán” (León, 2000, p. 7).

“El cultivo de café se desarrolla adecuadamente entre altitudes de 900 y 2000 m.s.n.m., en zonas con temperaturas media entre 17 y 23 °C, radiación solar de 300 a 450 w/m² al día, con precipitación anual entre 1800 a 4000 mm/año, humedad relativa del 70 al 85 %, evapotranspiración diaria de 3 a 4 mm y vientos menores a 5 km/hora” (Sánchez, 2015, p.8).

3.2 Clasificación taxonómica del café

Según Alvarado & Rojas (2007, p.14), la clasificación taxonómica del café es el siguiente:

Reino: plantae,

División: magnoliophyta,

Clase: dicotiledónea

Orden: rubiales,

Familia: rubiáceas

Género: Coffea

Especie: Arábica

3.3 Etapa del cultivo de café

De acuerdo con la forma como se desarrolla la planta de café, puede considerarse como el desarrollo vegetativo es decir la formación de raíces, ramas, nudos y hojas. Comprendido en tres etapas germinación a trasplante, almacigo, y siembra definitiva.

3.4 Etapa de semillero

“Es la etapa donde se siembran las semillas para su germinación y crecimiento primario, previo a su trasplante al vivero o almacigo” (Guilcapi, 2009, p. 16). Esta etapa abarca los siguientes estados fisiológicos.

3.4.1 Estado de grapa

“Se refiere a una plántula al comienzo de la germinación antes de que los cotiledones emerjan a la superficie exhibiendo parte del talluelo de manera encorvada, esto ocurre entre los 35 y 45 días después de la siembra” (MIFIC, 2014a, p.23).

3.4.2 Estados de fósforo

“Estadío siguiente al estado de grapa donde la plántula emergida aun no presenta las hojas cotiledóneas, esto ocurre entre los 45 y 55 días después de la siembra (MIFIC, 2014b, p.23).

3.4.3 Estados de chapola

“La plántula presenta las hojas cotiledonales completamente expandidas, esto ocurre entre los 55 y 60 días después de la siembra” (MIFIC, 2014c, p.23).

3.5 Fertilización en semillero

Monroig, (1999) afirma” que en las plántulas en etapa de semillero no se realizan fertilizaciones químicas. Por tal razón, cuando éstas hayan alcanzado la etapa de chapola debe realizarse el trasplante. Sin embargo, se puede realizar una fertilización orgánica a través del uso de la composta, la cual por su alta composición química brindará a la planta macros y microelementos indispensables para el crecimiento y desarrollo en sus primeros días” (p. 9).

3.6 Fertilización en vivero

“Los requerimientos nutricionales del café varían según el estado de crecimiento, de las cuales se distinguen las etapas de crecimiento vegetativo (desarrollo) y crecimiento productivo” (Sadeghian, 2008, p.31).

Fertilización química: En la etapa de desarrollo del cafeto hay que procurar fertilizar principalmente con aquellos elementos que promueven el desarrollo del café (nitrógeno, fósforo), para asegurar que el desarrollo del cultivo sea el óptimo y tenga un buen comienzo en la etapa de producción. Con una fórmula completa fosfato diamónico (DAP) 18-46-0 a una dosis de tres gramos por plantas, para una buena fertilización es necesario conocer previamente el estado de fertilidad de los suelos y los requerimientos de la planta (Sadeghian, 2008, p.25).

3.7 Enfermedades en vivero y semillero del café

El mal del talluelo es la enfermedad más importante de los semilleros. Es causada por complejo de hongos como: *Phytophthora* spp., *Pythium* spp., *Rhizoctonia* spp, y *Fusarium* spp. son habitantes naturales del suelo que atacan las plantas en su primera etapa de desarrollo, afectando el tallo cuando aún no ha lignificado o sea que todavía no tiene corteza dura ni tallo verdadero, esto sucede en semilleros y en el campo desde la germinación o trasplante hasta los 15-20 días después de la germinación. (Pilarte & Olivas, s.f, p.1)

“Las lesiones ocasionadas por el mal del talluelo generalmente tienen el aspecto de canchales profundos cafés rojizos, que pueden tener tamaño limitado o incluso llegar a rodear por completo la porción del tallo que se encuentra cerca de la superficie del suelo” (Agrios, 2007a, p.23).

“El mal del talluelo puede ocasionar pérdidas hasta del 65% de las plántulas de un semillero, lo que posteriormente se traduce en pérdidas en viveros y en plantaciones en campo definitivo” (Agrios, 2007b, p.23).

3.8 Nematodos en la etapa de vivero

Monterroso (1999), afirma “ que poblaciones de nematodos en viveros y de gran importancia son los géneros *Meloidogyne* spp y *Pratylenchus* spp, siendo *Meloidogyne* spp el más abundante” (p.71).

3.8.1 *Meloidogyne* spp

“Este género se considera de gran importancia para el cultivo del café, a diferencia de otros géneros *Meloidogyne* spp posee una característica muy peculiar, (formación de agallas) a simple vista son fáciles de identificar; inicialmente de color blanco, pero después se tornan parduzcas” (Teliz *et al.*, 1993, p.26).

“Este género destruye completamente la raíz del cafeto, la planta no forma raíces nuevas, quedando las raíces gruesas, las que tienen una capacidad muy limitada para la absorción de agua y nutrientes” (Jaehn 1990, p.26).

3.8.2 *Pratylenchus* spp

“Uno de los problemas de gran importancia en el cultivo de café, lo constituyen los nematodos y en particular el nematodo lesionador *Pratylenchus* spp. El cual se encuentra ampliamente distribuido en centroamérica sobre el cultivo del café” (Zhag y Schmitt 1995, p.22).

“El nematodo lesionador *Pratylenchus* spp, posee alrededor de cinco especies asociados al cultivo del café en todo el mundo” (Morgan *et al.*, 1992, p.27).

“En Nicaragua el género más abundante en la segunda región, tanto a nivel de vivero como de plantaciones, corresponde a *Pratylenchus* spp ” (García y Pantoja 1990, p.27).

3.9 Manejo de enfermedades en semillero y vivero

Para el manejo de enfermedades en semilleros y viveros en plántulas de café se debe realizar:

3.9.1 Manejo cultural

“El manejo se ha basado principalmente en acciones culturales preventivas, tales como: altura de semillero y densidad de plantas. Otras prácticas utilizadas son el encalado del suelo, desinfección con agua hirviendo, buen drenaje del suelo, o la eliminación de las plantas enfermas, pero el manejo más común ha sido el uso de productos químicos, principalmente usados como tratamiento de la semilla” (INTA, 2004, p.10).

3.9.2 Manejo químico

“Es posible realizar control químico preventivo de la enfermedad mediante la aplicación del fungicida Benomil® usando 15 gramos del producto en 15 litros de agua para eliminar el hongo o aplicar Biozyme® usando 15 ml/15 L de agua para eliminar el hongo del mal de talluelo o Clorotalonil® una dosis: de 1.0 a 1.4 L/Ha. Carbendazim® una dosis que van de 0.5 a 0.6 L/Ha, Mancozeb® 30 gramos por m² disuelto en 13.5 litros de agua” (Ramac, 2017, p. 138).

3.9.3 Manejo biológico

El manejo biológico ha tomado importancia en último años debido a que se ha estudiado su efecto sobre patógenos del suelo, además de su efecto como estimulador de crecimiento de variables importantes en el cultivo de café tales como diámetro del tallo, número de hojas, área foliar, incremento en la longitud de raíz, entre otras. Entre los organismos más usados se encuentran *Trichoderma* spp micorrizas y *Bacillus subtilis* (Baker y Cook, 1974, p.25).

“La noción del control biológico para el manejo de las enfermedades en las plantas, proviene de los descubrimientos científicos en microbiología y patología vegetal a principios del siglo XX, experimentos preliminares con hongos tales como *Gliocladium* spp y *Trichoderma* spp, mostraron resultados promisorios para el manejo de las enfermedades” (Carballo y Guharay, 2004, p.28).

3.10 Manejo biológicos de enfermedades

El manejo biológico con hongos como: *Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis* y hongos micorrizicos han tomado mucha importancia por su efecto sobre patógenos de suelo y como bioestimuladores de crecimiento en diferentes plantas.

3.10.1 *Trichoderma* spp

El hongo *Trichoderma* spp fue identificado en 1871 y ha sido ampliamente estudiado, se encuentra de manera natural en un número importante de suelos agrícolas, se lo puede encontrar en diferentes zonas y hábitats, especialmente donde existe materia

orgánica o desechos vegetales en descomposición, así como en residuos de cultivos. Esta capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales y sustratos confiere a *Trichoderma* spp la posibilidad de ser utilizado en diferentes suelos, cultivos, climas y procesos tecnológicos para su multiplicación y establecimiento (Sivila y Alvares, 2013, p.24).

Trichoderma spp ha sido identificado como potencial agentes de biocontrol, para uso contra hongos asociados, tales como *Rhizoctonia solani* Kuhn, *Pythium* spp, *Fusarium* spp, *Phytophthora parasítica* Dast., *P. cinnamomi* Rands. *Sclerotium rolfsii* Sacc, y (*Macrophomina phaseolina* Tassi y Goid). Donde las prácticas culturales y los fungicidas no son muy efectivos debido a la producción de estructuras de resistencia y también debido al amplio rango de hospedantes de estos hongos (Saria y Cheng, 1999, p.125).

“Las cepas de *Trichoderma* spp son capaces de colonizar la superficie de la raíz y de la rizósfera a partir de la semilla tratada, protegiendo a las mismas de enfermedades fungosas. Así las semillas reciben una cobertura protectora cuyo efecto se muestra cuando la misma es plantada en el sustrato correspondiente” (Castro y Rivillas, 2012, p.26).

3.10.2 *Bacillus subtilis*

“El género *Bacillus subtilis* fue reportado por primera vez por Cohn (1872), quien lo describió como bacterias productoras de endosporas resistentes al calor. Las especies de *Bacillus* pertenecen al Reino Bacteria; Filo Firmicutes; Clase Bacilli; Orden Bacillales y Familia Bacillaceae ” (citado en Maughan y Vander, 2011, p.52).

“Una gran diversidad de especies del género *Bacillus subtilis* han demostrado tener actividad antagonica contra diversos microorganismos fitopatógenos de cultivos agrícolas, tales como maíz, arroz, frutales, entre otros” (Wang *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2015, p. 44)

“Se ha demostrado que las bacterias del género *Bacillus subtilis* presentan un gran potencial como antagonistas, principalmente por la gran cantidad de enzimas líticas, antibióticos y

otras sustancias con actividad biocida, que son capaces de producir efectos de control sobre varias especies de organismos fitopatógenos” (Sosa *et al.*, 2005, p.31).

“*Bacillus subtilis* también ha demostrado inducir la resistencia sistémica natural de la planta contra patógenos bacterianos y fungos, propiedad llamada Resistencia Sistémica Adquirida (SAR)” (Butt *et al.*, 1999, p. 23).

“El efecto protector de los miembros del género *Bacillus subtilis* utilizados en el control de enfermedades fúngica se debe a la presencia de diferentes mecanismos para antagonizar de forma directa o indirecta el crecimiento de patógenos” (Tejera *et al.*, 2012, p.36).

3.10.3 Micorrizas

Según Frank (1885), afirma “ que las micorrizas son asociaciones simbióticas entre las raíces de las plantas y el micelio de un hongo. Desde la primera descripción de una micorriza estos hongos se caracterizan por que para desarrollar su ciclo vital por completo necesitan establecer relaciones simbióticas con las raíces de las plantas vasculares. Esta relación se establece mediante la formación de unas estructuras que permiten el intercambio de nutrientes, y que reciben el nombre de Micorrizas.” (Citado en Vargas, 1990, p.1)

El uso de estos hongos permite que la planta incremente la tolerancia al estrés hídrico, se aumenta la producción, la calidad biológica, resistencia a enfermedades y que la fertilización sea más eficiente, es por ello que en el caso de los cultivos se podría ahorrar cantidades importantes de fertilizantes minerales e igualmente lograr una absorción de los nutrientes disponibles en el suelo. (Azcón y Talón, 2008, p.1)

“Las micorrizas mejoran la resistencia de las plantas a enfermedades, pues al estar mejor nutridas se promueve una mayor resistencia frente a organismos patógenos, mejorando su salud sin la aplicación de agroquímicos” (INTAGRI, 2001, p.21).

Las micorrizas hacen más eficiente el sistema radical de las plantas, son capaces de alcanzar, a mayor distancia, nutrimentos y agua en lugares donde las raíces no podrían llegar. Este beneficio hace que las plantas sean más eficientes antes situaciones de estrés hídrico. Gracias a la mayor asimilación ya no solo de agua, sino de nutrimentos (minerales, sales) facilita un aumento en la producción y una mayor calidad biológica (Abud, 2011, p.20).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del estudio

“La investigación se realizó en el periodo de febrero - noviembre 2019, en la finca Chelol, localizada en el municipio de Jinotepe Carazo, con coordenadas 11°49'52.9" latitud N, 86°12'11.2" latitud oeste, con una altitud de 520 msnm y temperaturas promedio de 24°C a 25°C, con precipitaciones anuales de 1,200 mm.” (Tapia y Fletes, 2013, p.19).

El estudio consistió en el uso de *Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis* y micorrizas del género (*Glomus intraradices*) como estimuladores del crecimiento en plántulas de café (*Coffea arabica* L.). Este estudio se realizó en condiciones de campo, durante la etapa de semillero y vivero, usando la variedad de café catimor línea 5175.

4.2 Diseño metodológico

Se estableció un experimento con Diseño Completo al Azar (DCA), con nueve tratamientos, conformado por 50 plantas, las cuales cada una fue considerada como una unidad experimental. Establecidas en bolsas de polietileno color negro con dimensiones de seis pulgada de largo por ocho pulgadas de ancho, con un volumen de 301.6 pulgadas. El número de plantas muestreadas fueron 10 por cada tratamiento. El muestreo fue al azar, se realizaron cada 30 días y se registraron los datos. El área total del experimento fue de 450 unidades experimentales.

4.3 Etapa de semillero

4.3.1 Preparación de la semilla para establecimiento del semillero

Se utilizó la variedad catimor línea 5175, esta semilla fue seleccionada en el ciclo noviembre 2018 en la finca Chelol. Proviene de progenies (descendencias) del Catimor T-5175, seleccionadas por Asociación Nacional del café (ANACAFÉ) y por el Instituto Hondureño del Café (IHCAFÉ). Estas variedades también son conocidas simplemente como Catimor T-5175 por su origen. (ANACAFE, 2016, p.13)

4.3.2 Establecimiento de semillero

Se establecieron nueve bancos de semillas, cuyas dimensiones fueron de un metro de ancho y un metro de largo, la densidad de siembra fue de 100 semillas para cada banco, la distancia de siembra entre semillas fue de 10 cm y 10 cm entre surco. Una vez depositada la semilla, se taparon con tierra y se cubrió con una capa de zacate vetiver (*Chrysopogo zizanioides*) La cantidad de semilla que se utilizó fue de 100 granos por banco y 900 granos de café en todo el experimento. Cada banco constituía un tratamiento.

4.4 Descripción de los tratamientos

4.4.1 *Trichoderma* spp

Se utilizaron las cepas T0301 y la T0501H. Las cuales son de la colección del cepario perteneciente al laboratorio de hongos entomopatógenos de la Universidad Nacional Agraria. Para semilleros se usó hongo crecido en arroz y para viveros se usó hongo formulado. Además, se utilizaron dos bioproductos comerciales a base de *Trichoderma* spp (Trichomax® y Trichozam®).

4.4.2 *Bacillus subtilis*

Bacillus subtilis, se nombró en el ensayo como Bacillus I-C, se obtuvo del Laboratorio de bioproductos del INTA – CNIA.

4.4.3 Micorrizas

Se obtuvo del Laboratorio de bioproductos del INTA – CNIA, el cual se nombró como micorrizas. El cual es un hongo micorrizico arbuscular del género *Glomus intraradices*.

4.5 Aplicación de los tratamientos en semillero

Se realizó una sola aplicación al momento de la preparación de los bancos de semilla, mediante aspersión con una bomba manual de cinco litros y dirigida al banco de semilla, se realizó de la misma manera para todos los tratamientos (*Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis*, micorrizas, agua y Mancozeb®).

4.5.1 Preparación de *Trichoderma* spp

Se utilizaron 25 gramos de *Trichoderma* spp, en sustrato de arroz en una suspensión de cinco litros de agua. La suspensión de conidios se preparó, en un recipiente con 600 ml de agua se vertió el contenido del hongo, posteriormente se homogenizó la solución con las manos, para garantizar que los conidios se desprendieran del grano de arroz, una vez que el arroz se observó lavado, se procedió a colar el contenido, en un colador de cocina. El arroz sobrante se desechó y solamente se utilizó la suspensión de conidios, y se mezcló con el resto de agua utilizado en la aplicación.

4.5.2 Preparación de Trichomax[®] y Trichozam[®]

Para realizar la suspensión de Trichomax[®] se utilizaron 20 gramos en cinco litros de agua. Para Trichozam[®], se utilizaron 57 gramos en cinco litros de agua.

4.5.4 Preparación de la cepa *Bacillus subtilis* (INTA –CNIA)

La dosis utilizada para realizar la suspensión de *Bacillus subtilis* (INTA –CNIA) fue de 25 ml en cinco litros de agua.

4.5.5 Preparación de Serenade[®] 1,34 SC

La dosis utilizada del producto Serenade[®] 1,34 SC fue de 25 ml en cinco litros de agua.

4.5.6 Preparación para la aplicación de micorrizas

La preparación se realizó tomando la cantidad de cinco gramos de suelo micorrizado disueltos en cinco litros de agua hasta formar una solución acuosa espesa, posteriormente la aplicación se realizó por inmersión de las semillas por cinco minutos y posteriormente se realizó la siembra.

4.6 Etapa de vivero

En esta etapa se realizó solo una aplicación de los tratamientos al momento del trasplante en bolsa.

4.6.1 Llenado de bolsas

El llenado se realizó dejando un centímetro de espacio libre en la parte superior. El sustrato que se utilizó para el llenado de bolsas constó de un 95 % de tierra, correspondiente a 42 baldes de 20 litros y un cinco por ciento de lombrihumus correspondiente a seis baldes de 20 litros, para un total de 48 baldes de sustrato preparado para llenar una cantidad de 450 bolsas en total.

4.6.2 Preparación de las plantas para la siembra en bolsa

Se le aplicó riego al banco, para que las plantas pudieran desprenderse fácilmente y con la raíz completa, con la ayuda de un palín se arrancaron las plantas, teniendo el cuidado de no dañar la raíz. Posteriormente se procedió a realizar un lavado de la raíz con agua, para proceder a la siembra en bolsa.

4.6.3 Trasplante de las plántulas a bolsa

Se realizó el trasplante entre los 60 a 65 días después de haber establecido el semillero cuando las plántulas estaban en etapa de chapola.

4.7 Aplicación y preparación de los tratamientos en la etapa de vivero

Para la preparación de los tratamientos a base de *Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis* tratamientos testigo agua y relativo Mancozeb®. La cantidad de agua utilizada fue de cinco litros. Se mezcló con una espátula hasta observar una mezcla homogénea. Para la aplicación por aspersión se utilizó una bomba manual de cinco litros, con boquilla cónica para asperjar bien los productos a las plántulas.

4.7.1 Aplicación de *Trichoderma* spp

Para las cepas T0301 y T0501H a base *Trichoderma* spp, las aplicaciones se realizaron de dos formas; por inmersión de raíces y posteriormente por aspersión. La dosis utilizada fue de 30 gramos, en tres litros de agua.

La inmersión de raíces fue de la siguiente manera: La cantidad de plantas fueron sumergidas en la suspensión de conidios por un periodo de cinco o diez minutos. Pasado este tiempo se realizó la siembra y la aplicación por aspersión.

La dosis de productos comerciales a base de *Trichoderma* spp (Trichomax® y Trichozam®) fue de 40 gramos, en tres litros de agua.

4.7.2 Preparación de *Bacillus subtilis*

La dosis que se utilizó fue de 100 ml y del producto comercial Serenade®, se usó 30 ml. Ambos productos se virtieron en la cantidad de agua requerida que fue de tres litros.

4.7.3 Aplicación de micorrizas

La dosis que se utilizó fue de 30 gramos de suelo micorrizado disuelto en tres litros de agua hasta formar una solución acuosa espesa, donde se sumergieron las raíces por un tiempo de cinco o diez minutos y posteriormente se sembraron las plantas en las bolsas.

4.8 Fertilización edáfica y foliar

La fertilización edáfica se realizó a los ocho días después del trasplante (ddt), utilizando 227 gramos de fertilizante edáfico NPK 18-46-0 diluidos en 100 litros de agua, con una aplicación al drench de 40 ml por planta. A los 12 (ddt) se llevó a cabo una aplicación de urea al 46% con una dosis de 227 gramos diluidos en 100 litros de agua, con aplicación al drench de 40 ml por planta. Para complementar la fertilización, se realizaron cuatro aplicaciones foliares de Bayfolan®, durante toda la etapa de vivero, realizándolas cada 15 días. Todos los tratamientos recibieron la misma cantidad de fertilizantes.

4.9 Manejo de arvenses

El manejo de arvenses se realizó cada ocho días de forma manual tratando de mantener controlado el crecimiento de las malezas en el semillero y en la etapa de vivero.

4.10 Riego

Se realizó riego por sistema de microaspersión, con una frecuencia de riego tres veces a la semana, por un lapso de tiempo de dos horas por la mañana y dos por la tarde.

4.11 Variables evaluadas

4.11.1 Porcentaje de semillas germinadas

Al momento del trasplante en bolsa se contó el número de semillas germinadas por cada tratamiento. Para obtener el porcentaje de emergencia de plántulas se utilizó la siguiente fórmula de FAO (1991, p.10).

$$\text{Emergencia de plántulas (\%)} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número de semillas sembradas}} \times 100$$

4.11.2 Altura de planta (cm)

La altura de planta se midió empezando desde la base del tallo hasta el ápice con el uso de una regla milimétrica, y se realizó cada 30 días durante la etapa de vivero.

4.11.3 Diámetro del tallo (mm)

El diámetro del tallo se midió cada 30 días en la etapa de vivero, haciendo uso de un calibrador (vernier), el cual se colocaba en el tallo a dos cm del cuello de la planta.

4.11.4 Número de hojas

Se obtuvo contabilizando el total de hojas en las plantas seleccionadas.

4.11.5 Longitud de la raíz (cm)

Se tomó en dos tiempos, la primera en el momento del trasplante en bolsa y la segunda a los 210 días después de la germinación. Para medir esta variable se extrajo la planta, se extendió la raíz y se midió con una regla milimétrica el largo de la raíz, principalmente la raíz pivotante.

4.11.6 Área foliar (cm²)

Para determinar el área foliar se midió el largo y ancho de la hoja a partir de que la planta emitiera las primeras hojas verdaderas entre los 70 a 76 días después de la emergencia, para tomar el largo de la hoja se midió desde el pedúnculo de la hoja hasta el ápice de esta, el ancho se midió de la mitad de la hoja. Para medir y tomar los datos se usó una regla

milimétrica. El área foliar se calculó con la siguiente fórmula: área foliar igual a largo por ancho. (AF= L x A). (Rojas y Seminario, 2014, p.4)

4.12 Tratamientos evaluados

Cuadro 1. Descripción y dosis de aplicación de los tratamientos ensayo Finca Chelol Jinotepe. febrero - noviembre 2019.

Descripción de los tratamientos	Dosis utilizadas	Dosis recomendada
SERENADE® ASO 1,34 SC cepa QST 713 de <i>Bacillus subtilis</i>	Semillero: 25 ml/ 5 L de agua Vivero: 30 ml/ 5 L de agua	1 L ha ⁻¹
MANCOZEB® 80 WP	Semillero: 25 ml/5 L de agua Vivero: 100 ml/3 L de agua	2 kg ha ⁻¹
<i>Bacillus subtilis</i> cepa INTA – CNIA	Semillero: 25 ml/5 L de agua Vivero: 100 ml/3 L de agua	1 L ha ⁻¹
<i>Trichoderma</i> spp cepa T0301	Semillero: 25 gramos de hongo en arroz /5 L de agua Vivero: 30/3 L de agua	0.5 kg ha ⁻¹
<i>Trichoderma</i> spp cepa T0501H	Semillero: 25 gramos de hongo en arroz /5 L de agua Vivero: 30/3 L de agua	0.5 kg ha ⁻¹
Trichomax®	Semillero: 20 g/5 L de agua Vivero: 40/3 L de agua	0.35 kg ha ⁻¹
Trichozam®	Semillero: 57 g/5 L de agua Vivero: 40 g/3 L de agua	0.34 kg ha ⁻¹
Micorrizas (<i>Glomus</i> <i>intraradices</i>)	Semillero: 5 g/5 L de agua Vivero: 30/3 L de agua	500 g/1000 semillas 20-60 g/planta
Testigo agua	Semillero: 5 L de agua Vivero: 30 gramos/3 L de agua	

4.13 Análisis de datos

La variable porcentaje de semillas germinadas se analizó a través de estadísticos descriptivos. En el caso de las variables altura de la planta (cm), longitud de raíz (cm), diámetro del tallo (mm), número de hojas y área foliar (cm²), se realizaron Análisis de Varianza (ANDEVA). En caso de haber significancia ($p < 0.05$), se procedió a realizar una prueba de separación de medias según el criterio de Tukey con una probabilidad de $\alpha = 0.05$. Los datos se analizaron como un Diseño Completamente al Azar (DCA) unifactorial propiamente dicho. El modelo aditivo lineal del experimento fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij} \quad \text{Dónde:}$$

Y_{ij} : Representa j-ésima observación de la variable estudiada en el i-ésimo tratamiento evaluado.

μ : Estima la media general.

α_i : Efecto del i-ésimo nivel del factor A (Productos biológicos).

ε_{ij} : Estima el elemento aleatorio de variación generado en el experimento.

Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa estadístico InfoStat profesional versión 2009, y las gráficas y cuadros generados se procesaron a través de Microsoft Excel v. 2019.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Porcentaje de semillas germinadas (café)

Los tratamientos que presentaron mayor número de semillas germinadas fueron Trichomax[®] y T0501H obteniendo un porcentaje de 96%, el resto de los tratamientos tuvieron un porcentaje de germinación similar considerado también muy bueno.

Cuadro 2. Porcentaje de semillas germinadas de café. Finca Chelol- Jinotepe Febrero-noviembre

Tratamientos	Germinación %
T0501H	96
Trichomax [®]	96
Trichozam [®]	95
Serenade [®]	94
Bacillus I-C	93
Testigo	92
Micorrizas	92
Mancozeb	91
T0301	90

“*Trichoderma* spp es un hongo celulolítico y al degradar el pergamino que recubre el endospermo de la semilla acelera la germinación, cuando se adiciona al suelo provoca, un aceleramiento de la germinación de tomate, tabaco y café por encima de los resultados con respecto al testigo” (Cupull, 2003, p.9).

“Los efectos que proporciona *Trichoderma* spp manifestado por Benavides y Sáenz (2004), es que al aplicarlo obtuvo altos porcentajes de emergencia en plantas de café.

Según Santana R. (2006), encontró mayores porcentajes de germinación en café, con tratamientos a base de *Trichoderma* spp y encontró diferencias significativas en relación con los testigos” (citado en Guilcapi, 2009a, p.62).

“Otro estudio realizado en café en etapa de semillero, Cupull *et al.*, (2002), demostró que las semillas de café inoculadas con *T. viride* y *T. harzianum* obtuvieron una germinación de 93% y 63%, respectivamente, en comparación con las semillas sin inoculación del antagonista,

que presentaron el 38% de germinación a los 60 días de sembradas’’ (Castro y Rivillas, 2014, p.21).

5.2 Longitud de raíz en la etapa de semillero (cm)

Los resultados demuestran que existen diferencias significativas entre tratamientos ($p < .0001$). (Anexo 3). Los tratamientos con promedios más altos en longitud de raíz en la etapa de semillero fueron Serenade® y micorrizas, con un promedio de 11.56 y 11.11 cm seguido de T0301 y Mancozeb® que obtuvieron promedio de 11.03 y 10.13cm (Figura 1).

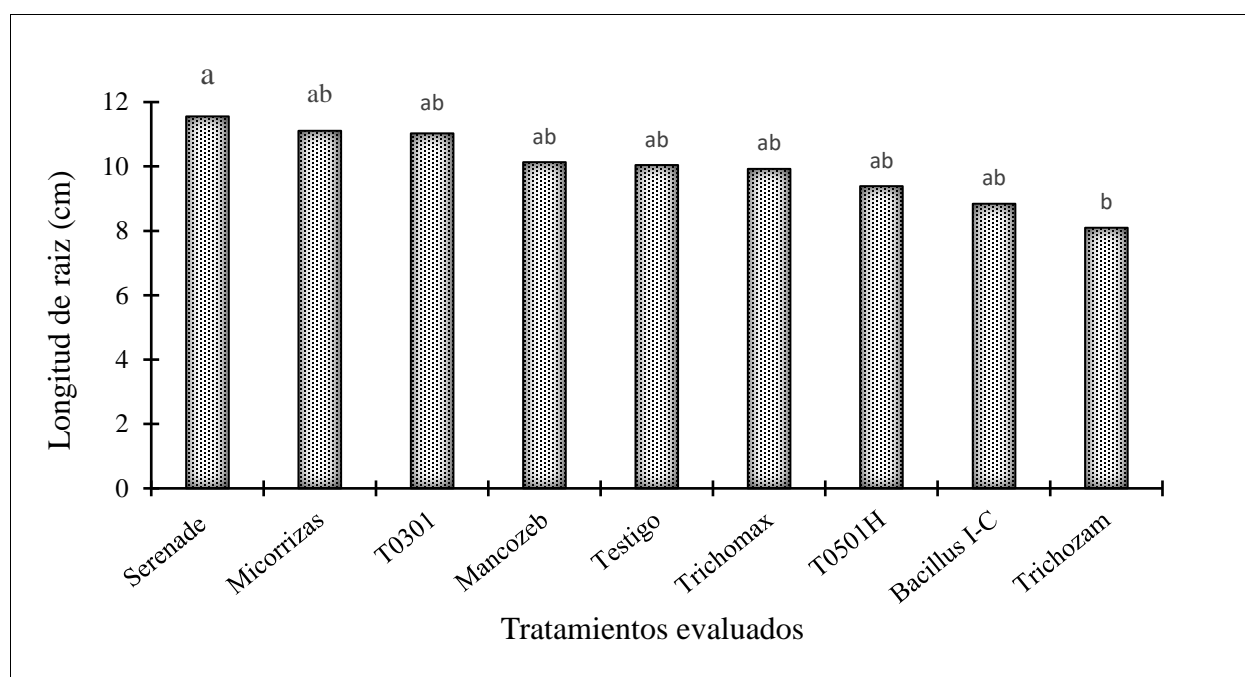


Figura 1. Promedio de longitud de raíz en semillero. Finca Chelol- Jinotepe febrero-noviembre 2019.

“La raíz es el órgano generalmente subterráneo, especializado en la fijación de la planta al substrato y la absorción de agua y sustancias disueltas, el transporte de agua y solutos a las partes aéreas” (Mendoza, 2015, p.83).

Estudios realizados por, Donoso *et al.*, (2008) afirman “ que la aplicación de *T. harzianum* en semillero o en el trasplante, puede causar incrementos del crecimiento de la planta y desarrollo del sistema radical, debido a la producción de factores abióticos que pueden estimular el crecimiento y aumentar la capacidad de las raíces para aprovechar los nutrientes” (p.71).

Según Marulanda *et al.* (2006.): Los beneficios que ofrece *B. subtilis* como endófito son de gran interés para las aplicaciones de técnicas biotecnológicas, por la eficiente colonización de las raíces de las plantas que desencadenan diferentes mecanismos de biocontrol y adaptaciones, además demostrando su alta capacidad de producir Compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs), que actúan como moléculas de señalización para disparar una respuesta de defensa mediante la resistencia a diferentes ambientes. Al respecto, Farag *et al.*, (2013). Estos VOCs activan las vías de producción de hormonas incluyendo auxinas, giberelinas, citoquininas y ácido salicílico, que promueven el desarrollo de la planta hospedante en condiciones de estrés, principalmente por el incremento de biomasa radicular resultando en una mejor absorción de agua. (Citado en Zhang *et al.*, 2007, p.35)

Por otra parte, un estudio de Canbolat *et al.* (2006) demostró que “la inoculación en semilla de maíz con cepas seleccionadas de *B. subtilis* aportó importantes beneficios como promotor de crecimiento y mayor capacidad de absorción de nutrientes” (citado en Sánchez *et al.*, 2017, p. 13).

5.3 Diámetro de tallo en la etapa de vivero (mm)

Hubo diferencias significativas entre tratamientos, fechas y en la interacción tratamientos por fechas ($p < .0001$). (Anexo 4). Los valores en promedio con mayor diámetro de tallo se obtuvieron con los tratamientos Trichozam[®] con 3.24 mm, Bacillus I-C con un 3.12 mm, seguido de micorrizas (Figura 2).

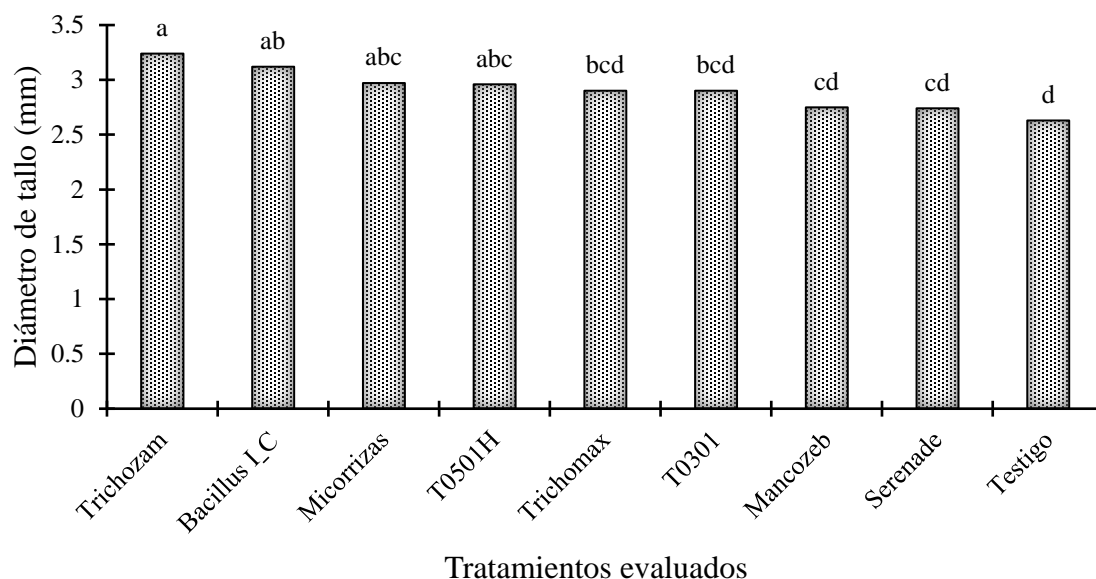


Figura 2. Promedio del diámetro de tallo en la etapa de vivero. Finca Chelol- Jinotepe febrero-noviembre 2019.

“Los tratamientos Trichozam®, *Bacillus subtilis* I-C tuvieron mayor efecto en el diámetro del tallo. Diversos microorganismos que son capaces de estimular la síntesis endógena de fitohormonas, dentro de los que se encuentran los hongos del género *Trichoderma* spp” (Pérez *et al.*, 2009, p.9).

El diámetro del tallo es el responsable de la formación de nudos, hojas y del crecimiento en altura de la planta (crecimiento ortotrópico) y en el ápice de las ramas ocurre la formación de nudos, hojas y la expansión lateral de la planta (crecimiento plagiotrópico) (Arcila *et al.*, 2007, p.17).

Cuadro 3. Valores promedios de diámetro de tallo (mm) días después de la germinación, tomadas en la etapa de semillero. Finca Chelol- Jinotepe febrero-noviembre 2019.

Tratamientos	Tukey 60 ddg	Tukey 90 ddg	Tukey 150 ddg	Tukey 180 ddg
T0301	0.46 a	1.86 c	3.47 ab	6.22 ab
Serenade®	0.46 a	1.88 c	3.5 ab	5.52 b
Mancozeb	0.39 ab	1.94 c	3.27 b	6.01 ab
Trichomax®	0.37 ab	2.30 b	3.58 ab	5.81 ab
T0501H	0.34 ab	1.80 c	3.5 ab	6.85 a
Bacillus I-C	0.34 ab	2.62 a	3.71 ab	6.57 ab
Micorrizas	0.33 ab	1.89 c	3.54 ab	6.79 ab
Trichozam®	0.31 b	2.6 ab	3.98 a	6.72 ab
Testigo	0.17 c	1.7 c	3.28 ab	5.58 ab

Medias con una letra común no son significativamente diferentes. (Tukey, $p > 0.05$)

Los valores más altos obtenidos por los tratamientos bioplaguicidas se obtuvieron a partir de los 150 ddg y 180 ddg.

A los 60 ddg el tratamiento T0301 y Serenade® alcanzaron el mayor promedio de grosor de tallo con 0.46 cm seguido de Mancozeb® y Trichomax® con un promedio de 0.39 y 0.37 cm. A los 180 ddg el mayor promedio lo obtiene tratamiento T0501H con 6.85 cm, seguido de micorrizas con promedio de 6.79 cm. Seguido Trichozam® y *Bacillus subtilis* I-C con promedio de 6.72 y 6.57 cm. y los demás tratamientos a base de *Trichoderma* spp cepa T0301 con promedios de 6.22 cm (Cuadro 3).

Estudios realizados por Mendez y Reyes (2010), afirma ‘en cuanto a diámetros de plántulas de café bajo el efecto de *Trichoderma* spp y Benomilo® oscilaron entre 2.2 mm y 2.9 mm. (p.23).

Estudios realizados por Borja y Rivera (2018a), afirman ‘ sobre la influencia del hongo *Trichoderma harzianum* en vivero de café, al encontrar mayor diámetro de tallos con un promedio de 3.69 mm, y el tratamiento que mostró menor diámetro del tallo de la planta fue el Testigo agua con 2.46 mm; a los 112 días después de la germinación’ (p.43).

De acuerdo con los resultados obtenidos se evidencia que *Trichoderma* spp produce un efecto positivo en el desarrollo del diámetro del tallo así como también en la planta en general, dichos datos se relacionan con los obtenidos por (Guilcapi, 2009, p. 65)

quien al incorporar *Trichoderma* spp en plantas de café, obtuvo diferencias altamente significativas a los 90 días después del repique obteniendo una media de 2.26 mm con el mayor diámetro, mientras que el testigo obtuvo una media de 1.81mm con el menor diámetro, reafirmando así el efecto positivo de *Trichoderma* spp como estimulador del desarrollo vegetal.

5.4 Altura de la planta en etapa de vivero (cm)

En tratamientos, fechas y en la interacción tratamientos por fechas se encontró diferencias significativas ($p < .0001$). (Anexo 5). Los tratamientos Tricho zam[®] y T0501H presentaron el mayor promedio de altura con 15.01 cm y 13.77 cm (Figura 3).

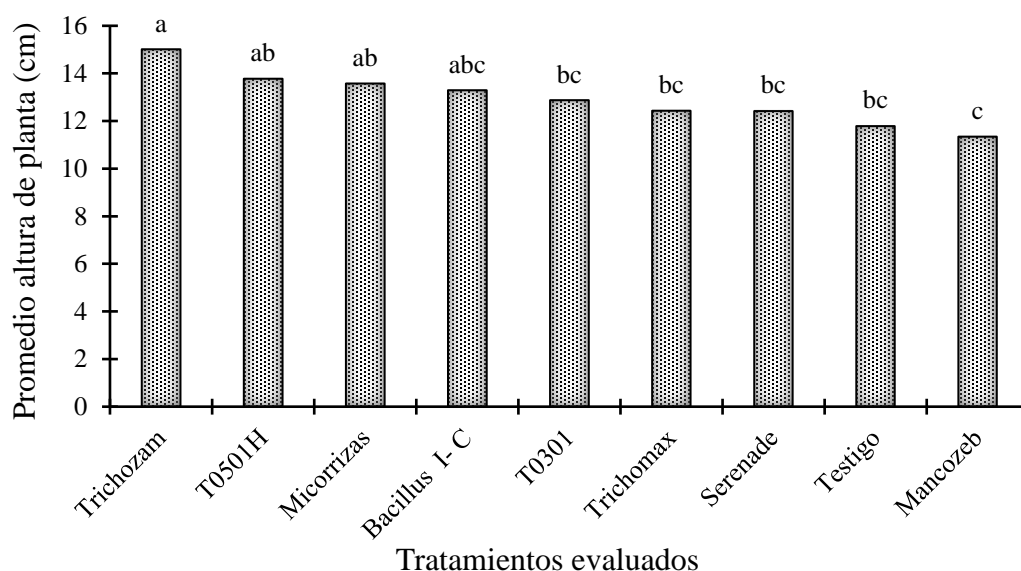


Figura 3. Promedio de altura por planta en la etapa de vivero. Finca Chelol- Jinotepe febrero-noviembre 2019.

La altura de planta resultó ser mayormente influenciada por los tratamientos Tricho zam[®], T0501H, micorrizas, *Bacillus subtilis* I-C.

Según, Chang *et al.*, (1986), afirma “que los mecanismos de acción de *Trichoderma harzianum* se basan principalmente como promotor de crecimiento vegetal, el cual se manifiesta desde las primeras fases de la planta” (p.35).

“La altura de la planta es una característica fisiológica de gran importancia en el crecimiento de la planta. La altura de planta depende de la acumulación de nutrientes en el tallo que se produce durante la fotosíntesis, que a su vez son transferidos a la raíz de la planta, esta función puede verse afectada por la acción conjunta de cuatro factores fundamentales, los cuales son: luz, calor, humedad y nutrientes” (Somarriba, 1998, p.10).

Sequeira & Silva (2010), evaluaron en dos ensayos de campo el efecto de *Trichoderma* spp y enmiendas orgánicas en un suelo con antecedentes de mal seco en Nueva Guinea. En el primer ensayo en *Trichoderma* spp se desarrollaron plantas con alturas promedio de 71.5 cm y 81.8 cm en el tratamiento seco del segundo ensayo. Carcache y Díaz (2011), registraron plantas con alturas de 2.6-6.8 cm en los tratamientos *Trichoderma* spp y Humega respectivamente. En el segundo ensayo con *Trichoderma* spp se obtuvo alturas de plantas en promedio de 13.9 cm

Cuadro 4. Valores promedio de altura de planta (cm) días después de la germinación tomadas en la etapa de semillero. Finca Chelol- Jinotepe febrero - noviembre 2019

Tratamientos	Tukey 90 ddg	Tukey 120 ddg	Tukey 150 ddg	Tukey 180 ddg
Testigo	3.06 a	6.80 b	13.96 ab	31.82 b
Serenade®	2.58 ab	7.67 ab	15.70 ab	31.71 b
Micorrizas	2.27 ab	7.93 ab	16.18 ab	37.80 ab
Trichozam®	2.20 b	9.43 a	18.53 a	40.64 a
Trichomax®	2.19 b	8.22 ab	17.38 ab	30.38 b
T0301	2.15 b	7.87 ab	15.69 ab	34.05 ab
Bacillus I-C	1.96 b	7.77 ab	18.22 a	34.45 ab
T0501H	1.94 b	7.93 ab	16.89 ab	37.48 ab
Mancozeb	1.87 b	6.65 b	12.27 b	31.91 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes. (Tukey, $p > 0.05$)

En base a las diferentes fechas de muestreos se logró determinar que hubo aumento en la altura de planta y que el comportamiento de los tratamientos vario en cada una de las fechas. A partir de los 90 ddg se encontró que los mayores promedio de altura de plantas, se obtuvieron con el tratamientos Testigo y Serenade® con un promedio de 3.06 y 2.58 cm. seguido Micorrizas y Trichozam®. Pero a partir de los 180 ddg algunos de los tratamientos tuvieron promedios mayores de altura en el tratamiento Trichozam®, seguido de micorrizas y del bioplaguicida a base de *Trichoderma* spp T0501H (Cuadro 4).

Estos resultados son similares a los obtenidos por Pacheco (2009), en el cual la aplicación de *Trichoderma* spp influyó en la altura de tallo en las plantas de café a los 30,60 y 90 días después de la siembra en vivero y es ratificado por Erazo (2006), en el cual menciona que al aplicar *Trichoderma* spp actúa primeramente como bioestimulante de crecimiento radicular, promoviendo el desarrollo de las raíces, debido a la secreción de fitohormonas incrementando la masa radicular, permitiendo una mayor asimilación de nutrientes y por ende una mayor altura de planta.

Estudios realizados por Borja y Rivera, (2018b), “encontraron que al aplicar *Trichoderma harzianum* en vivero de café se obtuvieron plantas con promedio de altura de 31.0 cm. y el tratamiento que mostró menor altura de planta fue el Testigo agua con 25.75 cm a los 112 días después de la germinación” (p.43).

5.5 Número de hojas por planta en etapa de vivero

Para el número de hojas se encontró diferencias significativas ($p < .0001$). (Anexo 6). En tratamientos, fechas y en la interacción tratamientos por fechas. El comportamiento varió en cada una de las fechas, los tratamientos que obtuvieron promedios mayores en números de hojas por planta de hojas fueron micorrizas y Trichozam[®], con 10.42 y 10.3 respectivamente seguido de Trichomax[®] con promedio de 10.14 (Figura 4).

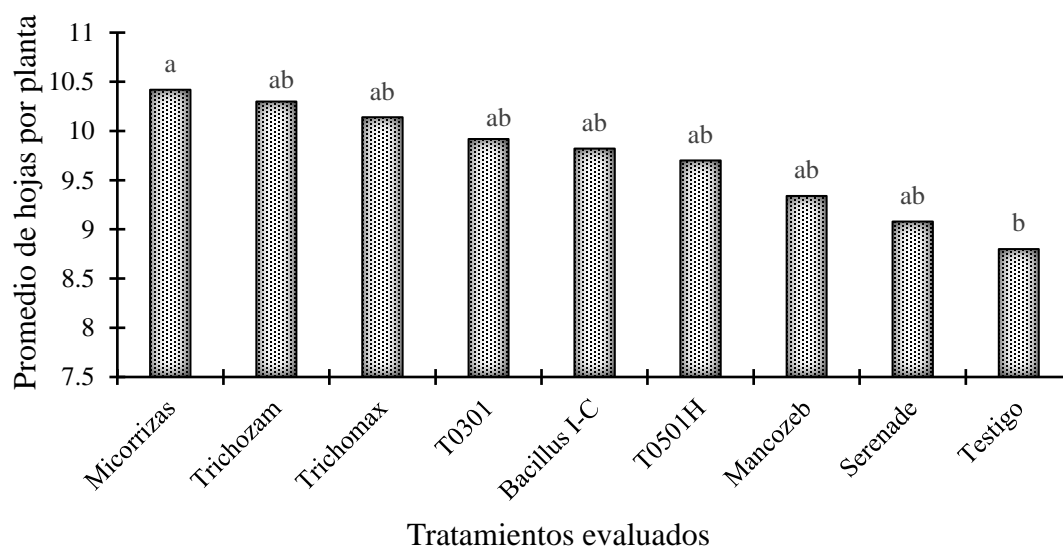


Figura 4. Promedio de hojas por planta en la etapa de vivero. Finca Chelol- Jinotepe febrero-noviembre 2019.

“El número de hojas es un parámetro importante en el crecimiento de las plantas debido a que la luz es uno de los factores determinantes en el crecimiento, en diámetro y altura de las plantas. El desarrollo y llenado de los frutos depende principalmente de la actividad fotosintética de las hojas funcionales” (Romo, 2005, p.13).

Según Pérez *et al.*, (2012). afirma “ que los biopreparados a base de *T. viride* tienen un efecto bioestimulante en el cultivo del tomate generando una mayor producción de hojas en la planta. Indicadores como altura de la planta, largo, ancho, y número de foliolos presentan un mayor desarrollo después de ser tratados con *Trichoderma* spp. Aun no siendo portadores de conidios, aplicados foliarmente tienen un efecto bioestimulante por la presencia de metabolitos secundarios u otros subproductos de la fermentación que inducen este efecto. (p.9.)

Cuadro 5. Valores promedios de hojas por planta días después de la germinación tomadas en la etapa de semillero. Finca Chelol- Jinotepe febrero - noviembre 2019.

Tratamientos	Tukey 60 ddg	Tukey 120 ddg
Testigo	3.60 a	8.20 b
Trichomax [®]	3.30 a	9.40 ab
Bacillus I-C	3.20 a	8.60 ab
T0301	3.20 a	9.80 ab
Micorrizas	2.80 ab	10.40 a
Trichozam [®]	2.70 ab	9.40 ab
Mancozeb	2.60 ab	8.80 ab
Serenade [®]	2.40 ab	8.90 ab
T0501H	1.40 b	8.60 ab

Medias con una letra común no son significativamente diferentes. (Tukey, $p > 0.05$)

En base a las diferentes fechas de muestreos se logró determinar que hubo aumento en número de hojas y que el comportamiento de los tratamientos varió en cada una de las fechas. A partir de los 60 ddg se encontró que el mayor número de hojas lo obtuvieron los tratamientos Testigo y Trichomax[®] con un promedio de 3.60 y 3.30. Por tanto, a partir de los 120 ddg los tratamientos que se expresaron con promedios altos fueron micorrizas y cepa *Trichoderma* spp T0301 con promedio de 10.40 y 9.80 hojas por planta.

Estos resultados tienen similitud con los encontrados por Carbajal (2017), que al aplicar *Trichoderma* spp en plántulas de café obtuvo el mayor promedio de número de hojas con 11.3 a los 120 días después de la germinación” (p.45).

En diferentes estudios realizados por Pérez y Gutiérrez, (2011), Hernández, *et al.*, (2014), afirman “ que el valor en cuanto a la cantidad de hojas promedio es de 6.39, a los 100 días después de establecimiento del vivero; es decir, que los resultados de los tratamientos utilizados en el experimento tuvieron un efecto positivo dando un valor con diferencias significativas con respecto al testigo para esta variable” (p.11).

Las plantas con micorrizas no solo poseen mayor biomasa que los testigos correspondientes, sino que, además es característico que las micorrizas alteren la distribución de la misma. Normalmente inducen un incremento en la relación parte aérea/raíz y aunque este efecto puede estar mediado por cambios hormonales, es probable que intervengan de forma decisiva el hecho conocido de que los nutrientes minerales, ya sean aplicados como fertilizantes, o aportados por las micorrizas, ejercen un control de retroalimentación a la raíz (Rodríguez, 2001b, p.28).

5.6 Área foliar por planta en etapa de vivero (cm²)

En los diferentes tratamientos evaluados se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0.0018$) fecha y en la interacción tratamientos por fechas ($p<0.0001$). (Anexo 7). Los tratamientos que alcanzaron mejor promedio en área foliar fueron Trichozam[®] y *Bacillus* I-C, con 72.36 y 66.72 cm² seguido de micorrizas y Trichomax[®] con 66.37 y 59.97 cm² (Figura 5).

Un buen descriptor de los procesos fisiológicos (fotosíntesis, transpiración, movimiento de nutrientes, interceptación de la lluvia, crecimiento y productividad) de las plantas es el índice de área foliar (IAF), proporción de hojas que cubren la proyección de ellas en el suelo. Adicionalmente, la cantidad de radiación que entra a la plantación determina la tasa fotosintética del cultivo, su crecimiento, su demanda de nutrientes y de agua, la dinámica de plagas y enfermedades y eventualmente, la producción comercial (Castillo *et al.*, 1997, p.2).

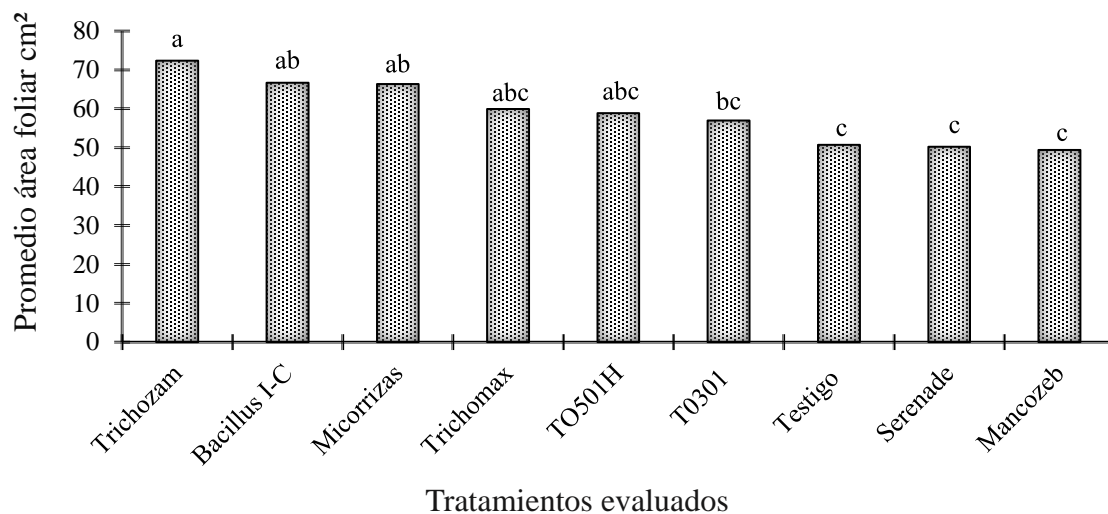


Figura 5. Promedio del área foliar por plantas. Finca Chelol- Jinotepe febrero- noviembre 2019.

Según un estudio realizado por Fernández *et al.*, (1992), al utilizar micorrizas obtuvieron ocho pares de hojas a los ocho meses de edad en las plantas tratadas, al compararlas con los testigos que solo llegaron a 3.6 pares de hojas. Según Blanco y Salas (1997), los hongos micorriza además de su efecto directo en la nutrición de las plantas inducen cambios fisiológicos que comprenden un aumento en la tasa fotosintética y redistribución del carbono fijado en mayor proporción hacia las raíces, pues al haber un aumento en la tasa fotosintética el área foliar a su vez se va incrementando se crea un círculo positivo para la planta (citado en Rodríguez, 2001a, p.44).

Cuadro 6. Valores promedios del área foliar días después de la germinación tomadas en la etapa de semillero. Finca Chelol- Jinotepe febrero - noviembre 2019.

Tratamientos	Tukey 60 ddg	Tukey 120 ddg
Trichozam [®]	15.10 a	115.82 ab
Micorrizas	14.43 a	95.53 abc
Bacillus I-C	11.16 ab	118.72 a
T0501H	11.06 ab	93.19 abc
Serenade [®]	10.48 ab	81.11 abc
Testigo	9.83 ab	76.29 bc
T0301	9.53 ab	100.75 abc
Trichomax [®]	8.30 ab	97.22 abc
Mancozeb [®]	6.25 b	62.14 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes. (Tukey, $p > 0.05$)

Los tratamientos que obtuvieron el mayor promedio en cuanto área foliar a los 60 ddg fueron los tratamientos Trichozam[®] y micorrizas con 15.10 y 14.43 cm², seguido de *Bacillus* I-C y cepa T0501H con un valor de 11.16 y 11.06 cm², 120 ddg los tratamientos que obtuvieron las cifras más altas en cuanto a esta variable fueron Bacillus I-C y Trichozam[®] con promedios de 118.72 y 115.82 cm², seguido de T0301 con promedio de 100.75 cm².

Dichos resultados concuerdan con los obtenidos por Guilcapi, (2009). Quien afirma que al aplicar *Trichoderma* spp notó un incremento del área foliar, a los 90 dds con una media de 6.39 hojas como el mayor número, mientras que el testigo obtuvo una media de 4.61 hojas siendo dicha media la más baja. Lo que comprueba que la incorporación de *Trichoderma* spp produce un efecto positivo en el desarrollo vegetal'' (p.59).

''*Trichoderma* spp. Produce moléculas de citoquininas y giberelinas GA3, involucradas en eventos de estimulación de crecimiento y desarrollo de las plantas'' (Cenicafé, 2012a, p. 12).

Cárdenas *et al.*, (2010) Afirma'' que encontraron a los 90 días efecto de micorrización en condiciones de vivero en Cacao (*Theobroma cacao*) un área foliar de 380 cm²'' (p.15).

5.7 Longitud de raíz en etapa de vivero (cm)

En los diferentes tratamientos evaluados se encontraron diferencias significativas ($p=0.0001$) (Anexo 8). Los tratamientos que obtuvieron mejor comportamiento en cuanto a longitud de raíz en vivero fueron T0301 y Serenade® con 11.83 y 11.56 cm, seguido de Mancozeb® y micorrizas del género (*Glomus intraradices*) con 10.13 y 10.11 cm (Figura 6).

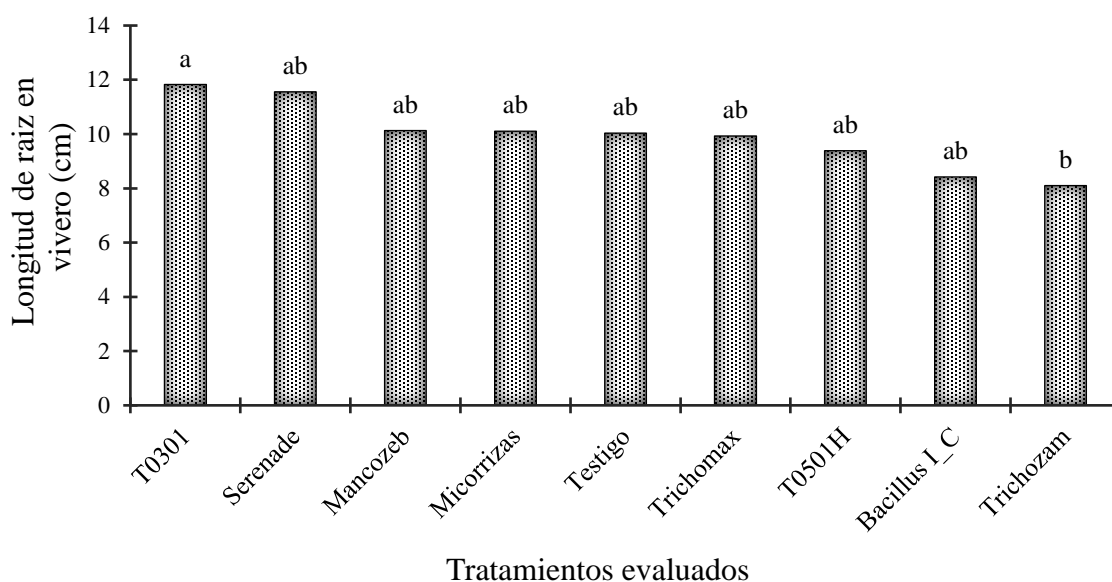


Figura 6. Promedio de longitud de raíz en la etapa de vivero. Finca Chelol- Jinotepe febrero- noviembre 2019.

“Además, de la función de anclaje y sostén de las plantas, las raíces en conjunto facilitan la obtención de líquidos y nutrientes en este caso tratamientos, disponibles en el sustrato o terreno definitivo. Cabe destacar que a mayor longitud radicular tendrán mayor alcance y un óptimo aprovechamiento de estos recursos” (Soza, 2018, p.50).

“Raíces colonizadas por *Trichoderma* spp. Frecuentemente aumentan el crecimiento, desarrollo, productividad del cultivo, resistencia a estrés abiótico e incremento en la toma y uso de nutrientes. Se ha demostrado que la productividad de un cultivo en el campo puede incrementarse en más del 300% después de la aplicación de *T. hamatum* o *T. koningii*. Diferentes especies del género” (Cenicafé, 2012b, p.11).

Según Graham (2001), la relación que existen entre las micorrizas y las raíces de las plantas, son casos en que se dan un mutualismo o sinergismo entre ellos ya que redundan en un beneficio mutuo al intercambiar minerales y productos orgánicos considerándose que en el proceso de colonización del hongo se hacen visibles situaciones positivas, neutrales y también negativas las cuales de una u otra forma hacen posible la efectividad de las micorrizas y por ende el desarrollo y crecimiento de los cultivos. (p.37)

“*Trichoderma harzianum* además de ser un controlador biológico compite y coloniza las raíces de las plantas impidiendo de esta manera la presencia de hongos patógenos, estimula el crecimiento de raíces fuertes y sanas debido a la secreción de fitohormonas que ayudan al incremento de la masa radicular, asimilación de nutrientes y toma de humedad” (Tronsmo, 1996, p 19).

“Las micorrizas hacen más eficiente el sistema radical de las plantas, pues son capaces de alcanzar, a mayor distancia, nutrimentos y agua en lugares donde las raíces no podrían llegar. Este beneficio hace que las plantas sean más eficientes antes situaciones de estrés hídrico. Gracias a la mayor asimilación ya no solo de agua, sino de nutrimentos (minerales, sales, etc.) facilita un aumento en la producción y una mayor calidad biológica” (Abud, 2011, p.20).

VI. CONCLUSIONES

El mayor porcentaje de germinación de semillas de café se obtuvo con los bioproductos Trichomax[®] y Trichozam[®] y la cepa T0501H.

Los bioproductos a base de *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* spp y micorrizas, tuvieron efecto en el crecimiento de plántulas de café en las variables longitud de raíces, diámetro de tallos, altura de planta, número de hojas y área foliar.

VII. RECOMENDACIONES

En la etapa de semillero y vivero de café se recomienda el uso de bioestimulantes a base de *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* spp y micorrizas, siempre acompañada de una fertilización adecuada al cultivo.

VIII. LITERATURA CITADA

- Abud, Y. C. (2011). *Beneficios de los hongos micorrizicos arbusculares en la agricultura. Saber Más, 43.*
- Agrios, G. (2007). Fitopatología. 2ª. Ed. – Mexico: Limusa. 856 p
<http://repositorio.una.edu.ni/3496/1/tnh20ch512e.pdf>
- Alvarado, M., & Rojas, G. (2007). *El cultivo y beneficio del café. Costa Rica. Segunda reimpresión.*
- Asociación Nacional del Cafè. (2004). *Manejo de semilleros para minimizar los daños por el "mal del talluelo". Boletín Técnico. Ecuador. Consultado 23 Sept. 2018.*
- Asociación Nacional del Cafè. (2016). *Guía de variedades de café Guatemala*
- Arcila, P., J.; Farfán, V., F.; Moreno, B., A. M.; Salazar, G., L. F.; & Hincapié, G., E. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia. Cap. 2 Crecimiento y desarrollo de la planta de café. Cenicafé, Chinchina, Colombia. Blanecolor Ltda.*
- Azcón-Bieto, J; Talón, M. (2008). *Fundamentos de Fisiología vegetal. 2. ed. Barcelona, ES. 651 p.*
- Barrer, SE. (2009). *El uso de hongos micorrizicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. Rev. Fac. Cien. Agrar. 7: 123-133.*
- Baker y Cook. (1974). *Control biológico de patógenos vegetales San Francisco: Freeman (1974), págs. 433,90.*
- Benavides M, Sáenz E. (2004). *Efecto de hongos benéficos sobre la nutrición y sanidad de aguacate. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.*
- Borja Espinoza, J. M., & Rivera Meza, A. (2018). *Influencia del hongo Trichoderma harzianum en la producción de plantas de Café (Coffea arabica var.laurina smeathman "caturra), en etapa de vivero en Chanchamayo. Peru. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2103/1/T026_46695337_T.pdf*
- Butt . T. M., J. G. Harria y K. A. Powell. (1999). *Microbial biopesticides: The European scene. In "Biopesticides. Use and delivery". Eds. F.R. Hill y J. J. Menn. Humana Press, NJ. Pp.:23- Kenneth F. Baker y R. James Cook. San Francisco: Freeman (1974). Control biológico de patógenos vegetales San Francisco: Freeman (1974), págs. 433,90.*
- Carbajal, A.F.S. (2017). *Identificación de hongos endófitos y su uso en la bioprotección de plántulas de café para reducir el daño de Colletotrichum coffeanum en San Martin –*

Perú. Título para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de san Martín-Tarapoto. Facultad de Ciencias Agrarias. Tarapoto. Perú. 62pp.

- Carballo, M; Guaharay, F.(2004). *Control biológico de plagas agrícolas*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. Managua, NI. 224 p. Serie técnica Manual Técnico N° 53.
- Carcache Torres, J; Díaz Mayorga, DA. (2011). *Efecto de enmiendas organicas, trichoderma, microorganismos eficientes y metalaxil en el manejo de mal seco (Pythium myriotylum Drechs) en quequisque (Xanthosoma sagittifolium (L.) Schott) en suelo infectado en maceteras, mayo 2009-octubre 2010*. Ingeniería thesis, Universidad Nacional Agraria, UNA.
- Cárdenas-Hernández, JF; Álvarez-Herrera, JG; Barragán Q, E; Rivera, CM. (2010). *Efecto del ácido giberélico y la 6-bencilaminopurina sobre el desarrollo de yemas en injertos de cacao (Theobroma cacao L.) (en línea)*. Bogotá, CO. Consultado 22 jun. 2016. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/rt/prINTERfriendly/17590/37340>
- Castillo Rodríguez, E; Arcila Pulgarín, J; Jaramillo Robledo, A; Sanabria, J. (1997). *Interceptación de la radiación fotosintéticamente activa y su relación con el área foliar de Coffea arabica L* CeniCafé 48(3):182-194. <https://repositorio.una.edu.ni/2739/1/tmf08c957.pdf>
- Castro A. M y Rivillas C. A. (2014). *Trichoderma spp, modos de acción, eficacia y usos en el cultivo de café*. Espacio Gráfico Comunicaciones S.A. Chinchiná - Caldas – Colombia. 33 p. https://www.cenicafe.org/es/publications/Boletin_38_final2014.pdf
- Castro, A. Rivillas, C. (2012). *Trichoderma spp. Modos de acción, eficacia y usos en el cultivo de café*. Boletín Técnico CENICAFÉ. Colombia. 33 p.
- CENAGRO (Censo Nacional Agropecuario). (2012). *IV Censo Nacional Agropecuario* (en línea). Managua, NI. Consultado 5 abr. 2013. <http://www.inide.gob.ni/Cenagro/INFIVCENAGRO/informefinal.html>.
- Cenicafé. (2012). *Trichoderma spp. Modos de acción, eficacia y usos en el cultivo de café*. centro nacional de investigaciones de café. Chinchiná - Caldas – Colombia.
- Chang y. C. Baker, R., Kleifeld, O. I Chet, I. (1986). *Efecto de Trichoderma harzianum rifai (cepa T- 22) sobre cultivos ortícolas*. Consultado el 13 de julio de 2021.
- Cupull, S. R. (2002): *Efecto de Trichoderma viride y Trichoderma harzianum como estimulante de la germinación y el desarrollo de Coffea arabica L*. Café y Cacao 3(3): 67- 69.
- Cupull, S. R. (2003): *Efecto de Trichoderma viride como estimulante de la germinación, en el desarrollo de posturas de cafetos y el control de Rhizoctonia solani*. Centro Agrícola 31(1): 21-23.

- Donoso, E.; G. Lobos; N. Rojas. (2008). *Efecto de Trichoderma harzianum y compost sobre el crecimiento de plántulas de Pinus radiata en vivero*. *Bosque*, 29 (81):52-57.
- Erazo, A. (2006). *Evaluación de tres dosis de Trichoderma harzianum para el control de tizon tardío (Phytophthora infestans) y costa negra (Rhizoctonia solani) en el cultivo de papa*. Tesis de grado ESPOCH, FRN. pg 25.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT).(1991). *Guía para la manipulación de semillas forestales*. (En línea). <http://www.fao.org/DOCREP/006/AD232S/AD232S00.HTM>
- García, P; Pantoja G, N. (1990). *Distribución y niveles poblacionales de nemátodos asociados al café en la VI región, Nicaragua*. In *Taller regional sobre nemátodos del café, 1. Turrialba (Costa Rica)*. Memorias. IICAPROMECAFE, Guatemala. 17 pág
- GRAHAM, C. (2001) *Descripción anatómica de once especies forestales de uso industrial en Panamá*. Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), *Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple (MADELE; A)*.N.2.p.61. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/933/7/CD295>
- Guilcapi E. (2009). *Trichoderma harzianum y Trichoderma viride, En la producción de plantas de café (coffea arabica) variedad caturra a nivel de vivero*. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba- Ecuador, 95 p.
- Hernández, J. V., Sevilla, G. C., & Pineda, J. A. (2014). *Efectos de tres fertilizantes foliares orgánicos en el desarrollo vegetativo de plántulas de café, V pacamara*. En J. V. Hernández, G. C. Sevilla, & J. A. Pineda, *Efectos de tres fertilizantes foliares orgánicos en el desarrollo vegetativo de plántulas de café, V pacamara*. Jinotega. Recuperado el 30 de Mayo de 2018
- Herrera, I; Monzon, A.; Mendoza, R. (2002). *Hoja Técnica del Nematodo*. Folleto sin publicar. UNA.Managua, Nicaragua. https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Investigaciones_ManejoSemilleros.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). (2004). *Cultivo de Tomate: Guía MIP*. Managua, NI. La prensa. 66p.
- INTAGRI. (2001). *Beneficios de las Micorrizas sobre el Estrés en Plantas*. Obtenido de *Beneficios de las Micorrizas sobre el Estrés en Plantas*: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/beneficios-de-las-micorrizas-sobre-el-estres-en-plantas>
- Jaehn, A. (1990). *Asesoría sobre nematodos de café en el área centroamericana*. Promecafé. Guatemala. 17p

- Kenneth F. Baker y R. James Cook. San Francisco: Freeman (1974). *Control biológico de patógenos vegetales* San Francisco: Freeman (1974), págs. 433,90.
- León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales. Costa Rica*.
- Li Y, Gu Y, Li J, Xu M, Wei Q y Wang Y. (2015). *El agente de control biológico Bacillus amyloliquefaciens LJ02 induce resistencia sistémica contra el mildiú polvoriento de las cucurbitáceas. Microbiología de fronteras. 6: 883.*
- Maughan H y Van der Auwera G. (2011). *La taxonomía de Bacillus en la era genómica encuentra que los fenotipos son esenciales, aunque a menudo engañosos. Infección, Genética y Evolución. 11: 789-797.*
- Méndez Mayorga, R. J., & Reyes Velásquez, R. M. (2010). *Evaluación de Trichoderma harzianum como agente de control biológico de enfermedades fungosas de suelo en vivero de aclimatación de café clonado en la finca La Cumplida, San Ramon, Matagalpa.*<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/850/1/214678.pdf>
- Mendoza, D. O. (2015). *Evaluar el efecto de enmiendas nutricionales sobre el crecimiento y rendimiento del rabano (Raphanus sativus L).* Managua: UNA. Retrieved from <https://repositorio.una.edu.ni/3196/1/tnf01o16.pdf>
- MIFIC. (2014). *Certificación de la semilla asexual y establecimiento de semilleros y viveros de café. Norma Técnica Obligatoria Nicaraguense 11 045 - 14, 14. Recuperado el 12 de Marzo de 2018*
- Monroig, I.M. (1999). *El beneficiado de café convencional y el ecológico.*[https://academic.uprm.edu/mmonroig/HTMLobj-1819/Beneficiado de Café 1.pdf](https://academic.uprm.edu/mmonroig/HTMLobj-1819/Beneficiado%20de%20Caf%C3%A9%201.pdf)
- Monterroso D., (1999). *Interacción patosistemas- sombra en el sistema café In semana científica CATIE (4, 1999), Turrialba, Costa Rica, Actas logros de la investigación para el nuevo milenio, Turrialba, Costa Rica, CATIE, Pp. 156- 161.*
- Morgan G, A; López Ch, L; Vilchez R, H. (1992). *Description of Pratylenchus gutierrezii sp. (nematoda: Pratylenchidae) from coffee in Costa Rica. Journal Nematology. 24(2):298-304.*
- Pacheco, E. (2009). *Efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma viride, en la producción de plantas de café (coffea arabica) variedad caturra a nivel de vivero.* [http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/334/1/13T0627GUILCAPI%20DANILO. Pdf.](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/334/1/13T0627GUILCAPI%20DANILO.Pdf)
- Pérez, L., A. Batlle, J. Chacón, V. Montenegro, (2009): *Eficacia de Trichoderma harzianum a34 en el biocontrol de Fusarium oxysporum f. spp. cubense, agente causal de la*

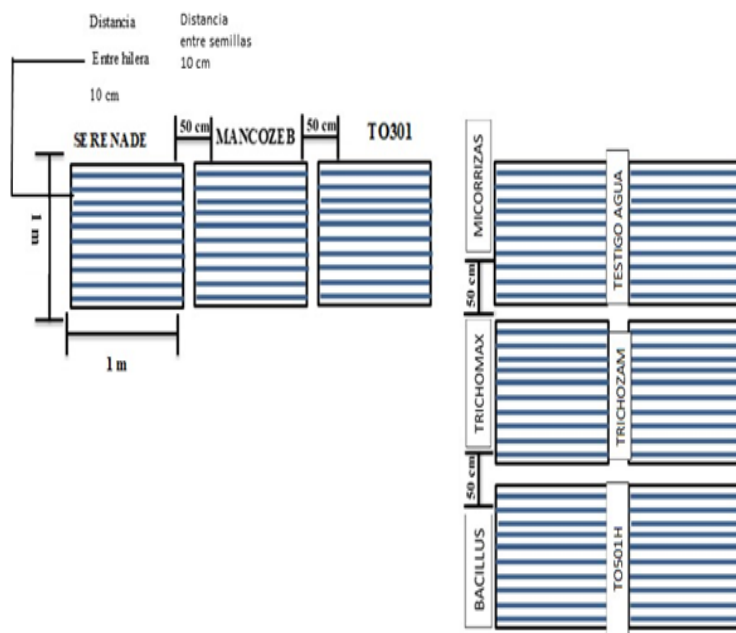
- marchitez por fusarium o mal de Panamá de los bananos en Cuba. Fitosanidad 13 (4).*
- Pérez, M. C., & Gutiérrez, O. G. (2011). *Evaluación de sustratos para la producción de la plantulas de café. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 28 p.* <https://repositorio.una.edu.ni/832/1/tnf01c962.pdf>
- Pérez, Y., J. L Ayala y A. Calero (2012): *Efecto bioestimulante de dos formulados líquidos de Trichoderma harzianum Rifai A-34 en el cultivo de tomate protegido. Revista Infociencia 16 (3), ISSN 0258-6010.*
- Pilarte, F. y olivas, F.(s,f.) *Manejo Integrado del mal del talluelo.* Ficha técnica http://a4n.alianzacacao.org/uploaded/mod_documentos/Manejo%20Integrado%20del%20mal%20del%20ta
- Ramac. (2017). *Vademecum de productos 2017.*
- Rivas, C. (2008). *El café en Nicaragua* (En línea) cosultado el 11 de septiembre del 2009. <http://www.monografías.com/trabajos/pdf/café-nicaragua/café.nicaragua.shtml>.
- Rodríguez M., José L. (2001) *Efecto del biofertilizante Mycoral® (micorriza arbuscular) en el desarrollo del café (Coffea arabica L.) en vivero en Zamorano, Honduras. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.*
- Rojas Murillos, J. M., y Seminario Cunya, J. F. (2014) *Metodo alometrico para estimar el área foliar de valeriana al estado silvestre.*
- ROMO, M. (2005). *Efecto de la luz en el crecimiento de plántulas de Dipteryx micrantha harms "Shihuahuaco" transplantadas a sotobosque; claros y plantaciones; Vol. 4; No. 1 y 2: 1-8.*
- Sadeghian, S. (2008). *Centro Nacional de Investigaciones de Café. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia, X(32), 6. (S. M. Marín, Ed.) Chinchiná, Caldas, Colombia: Feriva SA.*
- Sánchez Escalante, JA. (2015). *Plan de manejo de café en el ámbito del vraem. PERU.*
- Sánchez-Bautista A, De León-García de Alba C, Aranda-Ocampo S, Zavaleta-Mejía E, Nava-Díaz C, Goodwin PH, Leyva-Mir SG. (2017). *Root endophyte bacteria in drought-tolerant and drought-susceptible maize lines. Revista Mexicana de Fitopatología 36(1): 35-55.*
- Sariah, M; Cheng, SF. (1999). *Effect of Trichoderma inoculants on growth and collar rot of eggplant in soilless mix. In symposium on biological control in the tropics MARDI.*

- Sequeira Orozco, MI; Silva Mendoza, ZT. (2010). *Manejo de mal seco (Pythium myriotylum) en quequisque (Xanthosoma sagittifolium L. Schott) mediante la siembra tardía, control de arvenses, enmiendas orgánicas y Trichoderma spp. en Nueva Guinea, Nicaragua. Ingeniería thesis, Universidad Nacional Agraria, UNA. Singh, BK. 2002. Fertilización foliar de cultivos con ácidos húmicos. Memoria Fertilización foliar: principios y aplicaciones. Eds. Meléndez y Molina. P. 101-106.*
- Sivila, N., R. Alvares. (2013). *Producción Artesanal de Trichoderma – Tecnologías Agroecológicas Para La Agricultura Familiar. . Primera Edición. Argentina. 48p.*
- SOMARRIBA, RC. (1998). *Texto granos básicos. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. P. 1-57.*
- Sosa, A., Pazos, V., & Torres, D. (2005). *Aislamiento y selección de bacterias pertenecientes al género Bacillus con potencialidades para el control biológico en semilleros de tabaco. Centro Agrícola. 32 (3): 2529.*
- Soza, H. (2018). *Validación de dos dosis de micorrizas en el desarrollo de las plantas en vivero de café (Coffea arabica L).* Matagalpa: Retrieved from <https://repositorio.unan.edu.ni/10158/1/6939.pdf>
- Tapia Trinidad, R.E., & Fletes Reyes, W. F. (2013). *Impactos de las lluvias y las temperaturas en la producción y Rendimiento de café Tradicional en la Finca Chelol, Carazo. Managua: Retrieved from https://repositorio.unan.edu.ni/10688/1/2985.pdf*
- Tejera, B., Heydrich, M., & Rojas, M. (2012). *Antagonismo de Bacillus spp. Frente a hongos fitopatógenos del cultivo del arroz (Oryza sativa L.). Rev. Protección Veg. 27 (2): 117-122.*
- Teliz, O.G; Castillo y N. A. Daniel. (1993). *La Corchosis del cafeto en México. Resúmenes XVI Simposio de caficultura Latinoamericana. Managua, Nicaragua. Octubre 93. IICA/PROMECAFE. 34 pág.*
- Thimmanagari M., McDonald I., Todd J. (2010) *Introduction to bioproducts. Factsheet. ORDER NO. 10-013W. Ministry of agriculture, food and rural affairs. 1-5.*
- Tronsmo A. (1996). *Trichoderma harzianun in biological control of fungal disease. In Principles and practice of managing soilborne plant phathogens. Editor Robert Hall. American Phytopathological Society Press.*
- Vargas, R. (1990). *MICORRIZAS VESICULO ARBUSCULAR AISLADAS DEL BOSQUE NUBOSO, MONTE VERDE, COSTA RICA.* <https://www.mag.go.cr/rev-agr/v14n01-085.pdf>

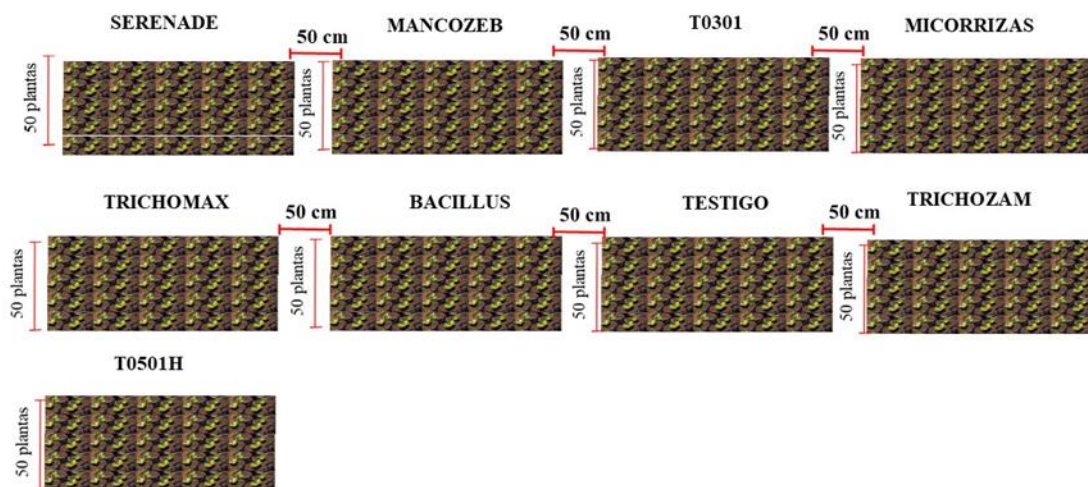
- Wang X, Wang L, Wang J, Jin P, Liu H y Zheng Y. (2014). *La resistencia inducida por Bacillus cereus AR156 a Colletotrichum acutatum se asocia con el cebado de respuestas de defensa en frutos de níspero. Más uno. 9 (11): e112494.*
- Wojtkowiak-Gębarowska, E. y S.J. Pietr (2006): *Colonization of roots and growth stimulation of Cucumber by iprodione –resistant isolates of Trichoderma spp. applied alone and combined with fungicides. Agricultural University of Wrocław, Wrocław, Poland. Phytopatholog 41: 51–64.*
- Zhag, F; Schmitt, D. P. (1995). *Spatial temporal pattern of Meloidogyne konaensis on coffea in Hawaii. Journal of Nematology. 27: 109-113.*
- Zhang H, Kim MS, Krishnamachari V, Payton P, Sun Y, Grimson M, Farag MA, Ryu CM, Allen R, Melo IS and Pare PW. (2007). *Las emisiones volátiles de rizobacterias regulan la homeostasis de la auxina y la expansión celular en Arabidopsis. Planta 226:839-851. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00425-007-0530-2.pdf>*

IX ANEXOS

Anexo 1. Diseño de campo en vivero de café finca Chelol Jinotepe Carazo



Etapa de vivero



Anexo 2. Hoja de muestreo ensayo de vivero de café. Finca chelol- Jinotepe. Febrero - noviembre 2019.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN AGRÍCOLA Y FORESTAL

Experimento_____

Fecha_____

Tratamiento_____

Variables Agronómicas

Trat	planta	Diametro Tallo (mm)	Altura Pta (cm)	N. de Hojas	Ancho Hoja (cm)	Long Hoja (cm)	Long Hoja (cm)	Long Raíces (cm)
1	1							
1	2							
1	3							
1	4							
1	5							
1	6							
1	7							
1	8							
1	9							
1	10							

Anexo 3. Análisis de varianza de longitud de raíz en la etapa de semillero.

F. V	Gl	SC	CM	F - Valor
Trat	8	122.70	15.34	0.0145
Error	81	480.67	5.93	
Total	89	603.36		
R ² : 0.12	CV:24.49			

Anexo 4. Análisis de varianza para variable diámetro de tallo (mm).

F. V	Gl	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Fecha	4	1701.32	425.33	1968.24	<0.0001
Fec*Rep	36	15.01	0.42	1.93	0.0018
Trat	8	14.71	1.84	8.51	<0.0001
Fec*Trat	32	22.89	0.72	3.31	<0.0001
Error	288	62.24	0.22		
Total	449	1837.18			
R ² =0.97	CV= 15.96				

Anexo 5. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm).

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F-Valor	Pr >F
Fecha	4	62144.36	1536.09	1545.22	<0.0001
Fec*Rep	36	446.55	12.40	1.23	0.1772
Trat	8	477.15	59.64	5.93	<0.0001
Fec*Trat	32	878.70	27.46	2.73	<0.0001
Error	288	2895.63	10.05		
Total	449				
R ² =0.96	CV= 24.46				

Anexo 6. Análisis de varianza para variable número de hojas.

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Fecha	4	14653.76	3663.44	610.52	<0.0001
Fec*Rep	36	327.88	9.11	1.52	0.0342
Trat	8	122.67	15.33	2.56	0.0105
Fec*Trat	32	361.40	11.29	1.88	0.0038
Error	288	1728.16	6.00		
Total	449				
R ² =0.90	CV= 25.19				

Anexo 7. Análisis de varianza del área foliar (cm²).

Fuente	Gl	SC	CM	F - Valor	Pr > F
Trat	8	26729.95	3341.24	5.49	<0.0001
Fec	4	1519055.65	379763.91	623.68	<0.0001
Trat*Fec	32	38108.09	1190.88	1.96	0.0018
Error	405	246609.72	608.91		
Total	449	1830503.41			
R ² : 0.85	CV: 41.77				

Anexo 8. Análisis de varianza de longitud de raíz en la etapa de vivero.

Fuente	Gl	SC	CM	F- Valor	Pr> F
Trat	8	768.87	96.11	4.95	0.0001
Error	81	1572.48	19.41		
Total	89	2341.36			
R ² : 0.26	CV:16.96				